

TUGAS AKHIR TERAPAN – VC 181819

**MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL PORONG-GEMPOL
KABUPATEN SIDOARJO PADA STA 40+482 – STA 40+692
DENGAN SISTEM JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANNYA**

Afuza Faza
NRP 10111410000036

Dosen Pembimbing 1
Ir. Sungkono. CES
NIP. 19591130 198601 1 001

Dosen Pembimbing 2
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NIP. 19620328 198803 1 001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**

FINAL APPLIED PROJECT – VC 181819

DESIGN MODIFICATION OF TOL PORONG-GEMPOL BRIDGE SIDOARJO DISTRICT ON STA 40+482 – STA 40+692 USING ARCH STEEL BRIDGE SYSTEM AND CONSTRUCTION METHOD

Afuza Faza
NRP 10111410000036

Supervisor 1
Ir. Sungkono. CES
NIP. 19591130 198601 1 001

Superviso 2
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NIP. 19620328 198803 1 001

**CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
VOCATIONAL FACULTY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**

TUGAS AKHIR TERAPAN – VC 181819

**MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL PORONG-GEMPOL
KABUPATEN SIDOARJO PADA STA 40+482 – STA 40+692
DENGAN SISTEM JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANNYA**

Afuza Faza

NRP 10111410000036

Dosen Pembimbing 1

Ir. Sungkono. CES

NIP. 19591130 198601 1 001

Dosen Pembimbing 2

Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd

NIP. 19620328 198803 1 001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**

Halaman ini sengaja dikosongkan

FINAL APPLIED PROJECT – VC 181819

DESIGN MODIFICATION OF TOL PORONG-GEMPOL BRIDGE SIDOARJO DISTRICT ON STA 40+482 – STA 40+692 USING ARCH STEEL BRIDGE SYSTEM AND CONSTRUCTION METHOD

Afuza Faza

NRP 10111410000036

Supervisor 1

Ir. Sungkono. CES

NIP. 19591130 198601 1 001

Superviso 2

Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd

NIP. 19620328 198803 1 001

**CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
VOCATIONAL FACULTY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL PORONG- GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA STA 40+482 – STA 40+692 DENGAN SISTEM JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE PELAKSANAANNYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Terapan
Program Studi Diploma IV Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Surabaya, Januari 2019

Disusun Oleh:

Mahasiswa



Afuza Faza

NRP. 10111410000036

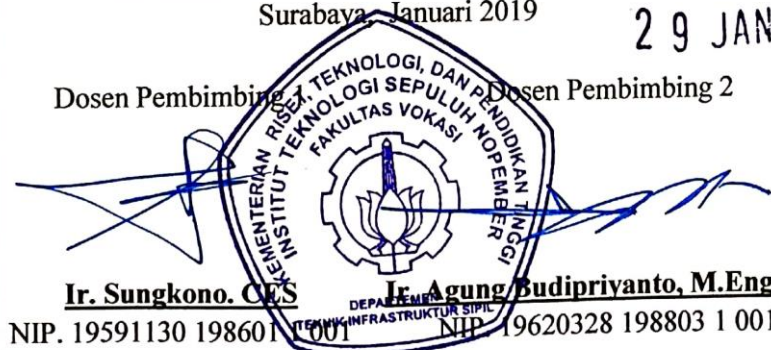
Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Surabaya, Januari 2019

29 JAN 2019

Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing 2



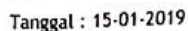
Ir. Sungkono, CES



Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd

NIP. 19591130 198601 1001

NIP. 19620328 198803 1 001

Halaman ini sengaja dikosongkan



<p>Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjiilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan</p>	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
		
	Ir. Sungkono, CES.	Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng. Ph.D.
	NIP 19591130 198601 1 001	NIP 19620328 198803 1 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947637 Fax 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 AFUZA FAZA 2
NRP : 1101141000036 2
Judul Tugas Akhir : MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL PORONG CEMPOL KABUPATEN
SIDOARJO PADA STA 40+482 + STA 40+692 DENGAN
SISTEM JEMBATAN BAJA BUSUR BAKI DAN METODE PELAKSANAAN
Dosen Pembimbing : Ir. Sungkono, CFS
Ir. Agung Budi Priyanto, MA - Eng. PHD

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
	Kamis, 19 April 2018	Gelagar Melintang ukuran diperbesar sampai memenuhi Batas Landutan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Pembebanan Jembatan untuk Beban BGT dan BTR Sesuai SNI 1726 2016	<i>f</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Data tanah yang digunakan disesuaikan dengan kondisi existing		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Rabu, 30 Mei 2018	Cek kondisi existing MAB Pondasi menggunakan pengalangan	<i>f</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Senin 4 Juni 2018	Ukuran Pelebaran bangunan Baku lakukan cek terhadap gaya lateral bangunan bawah langsung	<i>f</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket:

B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Afuza Faza 2
NRP : 110111410000036 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Desain Jembatan Tol Porong Gempol Kabupaten Sidoarjo pada STA 40+482 - STA 40+692 Dengan Sistem Jembatan Busur Baja Dan Metode Pelaksanaan
Dosen Pembimbing : Ir Sungkono - CES
 Ir Agung Budi Prianto H.Eng. PhD

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	1 Maret 2018	- Cari Jenis - Jenis Sambungan Baja				
		- Perbaiki Permodelan SAP 200		<input type="checkbox"/> B	<input checked="" type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
2	15 Maret 2018	- Perbesar Ukuran Gelagar Sumpsi memenuhi bentu landutan		<input type="checkbox"/> B	<input checked="" type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
		- Perhitungan baja sesuai SNI Baja 2015		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	12 April 2018	- Buat alur perhitungan untuk setiap contoh Perhitungan		<input type="checkbox"/> B	<input checked="" type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	2 Juni 2018	- Pengesekan Profil Sesuai dengan AISC (LRFD + ASD)		<input type="checkbox"/> B	<input checked="" type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K
		- Buat data Sambungan		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> K

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Afuzn Paza 2
NRP : 110111410000036 2
Judul Tugas Akhir : Modifikasi Desain ~~Struktur~~ Jembatan Tol Posang Gempol Kabupaten Sidoarjo Pada STA 40+482 - STA 42+692 Dengan Sistem Jembatan Bujur Baji dan Mchidi Pelack Sarang

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
		- Decking bangunan Bawah				
	8/11/2018	Sesuai SN1				
		- Kombinasi tiang pancang diubah		B	C	K
		- detail Sambungan diubah		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
B = Lebih cepat dari jadwal
C = Sesuai dengan jadwal
K = Terlambat dari jadwal

**MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL PORONG-
GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA STA 40+482 –
STA 40+692 DENGAN SISTEM JEMBATAN BUSUR BAJA
DAN METODE PELAKSANAANYA**

Nama Mahasiswa : Afuza Faza
NRP : 10111410000036
Jurusan : Diploma IV Teknik Infrastruktur
Sipil Fakultas Vokasi ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Sungkono. CES
: Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd

ABSTRAK

Jembatan Tol Porong-Gempol merupakan jembatan yang merupakan bagian dari Tol Porong-Gempol yang melintasi sungai porong sepanjang 210 m. Jembatan ini merupakan hasil Proyek Pekerjaan Relokasi Jalan Tol Surabaya-Gempol Ruas Porong-Gempol sepanjang total 6 km yang disebabkan oleh peristiwa luapan Lumpur Lapindo. Pada perencanaannya jembatan Tol Porong-Gempol tersebut menggunakan jembatan beton prategang sehingga pada bagian sungai terdapat lima segmen pilar jembatan di sungai porong yang berdekatan yang akan menyebabkan terganggunya aliran sungai karena semakin banyaknya pilar yang terdapat pada sungai. Oleh karena hal tersebut penulis ingin memodifikasi Jembatan Tol Porong-Gempol dari jembatan beton prategang menjadi jembatan busur, dikarenakan struktur busur memiliki kemampuan untuk menopang struktur dengan bentang yang lebih panjang dan jembatan busur juga memiliki nilai estetika lebih.

Pada perencanaan modifikasi jembatan ini memiliki bentang sepanjang 210 m serta tinggi 40.50 m. Tugas Akhir Terapan ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI)

1725-2016, SNI T-03-2005, Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa RSNI 2833-2016 (Jembatan) dan AISC 2016.dengan Program Bantu SAP2000 dalam menganalisa gaya yang bekerja pada jembatan. Dari data-data perencanaan kemudian dilakukan perhitungan preliminary desain, analisa pembebanan, perencanaan bangunan atas, perencanaan bangunan bawah dan perhitungan kekuatan dan stabilitas sesuai dengan peraturan-peraturan tersebut. Dari hasil analisa didapatkan profil yang digunakan untuk struktur busur atas menggunakan profil 900.900.40 dan struktur busur bawah menggunakan profil 1100.900.40, kebutuhan tiang pancang pada jembatan ini 66 buah tiang pancang dengan dimensi 0.6 m. Dibahas juga mengenai metode pelaksanaan jembatan busur yang direncanakan menggunakan metode *balance cantilever* dalam pemasangan struktur rangka busur. Hasil seluruh perhitungan Tugas Akhir Terapan ini ditungkan dalam bentuk gambar Teknik.

Kata Kunci : Modifikasi, Jembatan Porong-Gempol, Arch-Bridge, Balanced Cantilever

**DESIGN MODIFICATION OF PORONG-GEMPOL TOLL
BRIDGE AT SIDOARJO DISTRICT ON STA 40+482 – STA
40+692 USING STEEL ARCH BRIDGE SYSTEM AND
CONSTRUCTION METHOD**

Student Name : Afuza Faza
NRP : 10111410000036
Departemant : Diploma IV Departement of
Civil Infrastructure Engineering ITS
Supervisors : Ir. Sungkono. CES
: Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd

ABSTRACT

Porong-Gempol Toll Bridge is a bridge part Porong-Gempol Toll located in Sidoarjo. The existing Porong-Gempol Toll Bridge across Porong River and span 210 meters long using prestressed concrete bridge system. Porong-Gempol Toll Bridge is the result of Road Relocation Project for the Porong-Gempol due to the Lapindo Mudflow incident. The existing Porong-Gempol Toll Bridge lower structure were supported by five abutment using driven pile as the main structural foundation. This kind of structural cause disruption of river flow because to many abutment on the river. Therefore, the writer wants to modify Porong-Gempol Toll Bridge from a prestressed concrete bridge to an Arch Steel Bridge because the Arch Steel Bridge has ability to support structure with longer spans and the Arch Steel Bridge has better aesthetic value compared to another bridge.

Planning of the bridge has span of 210 meter and height 40.50 meter. This modification plan refers to Standar Nasional Indonesia (SNI) 1725-2016, SNI T-03-2005, Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa RSNI 2833-2016 (bridge), AISC 2016 and SAP2000 as assistance program for analyzing

force in the bridge. The initial methodology is start from preliminary design calculation, load analysis, upper building planning, lower building planning, and the strength and stability according to these regulations. From the analysis obtained steel profile used for upper arch bridge a profile of 900,900.40 and a lower arch structure using a profile of 1100,900.40, The lower building used 66 piles with 0.6 m dimensions. Method of construction using balanced cantilever method for installation of curved frame structure. The results of all of the calculations are reflected in standard engineering drawings.

Keyword : Modification, Porong-Gempol Bridge, Arch-Bridge, Balanced Cantilever

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan di Departemen Teknik Infrastruktur .

Dalam pengerjaan Tugas Akhir Terapan ini, penulis banyak mendapatkan dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh sebab itu penulis ingin mengungkapkan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu mendukung dan mendoakan penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir Terapan ini.
2. Bapak Ir. Sungkono. CES dan Bapak Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, ilmu dan motivasi sehingga laporan Tugas Akhir Terapan ini bisa terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Raden Buyung Anugraha Affandhie, ST.selaku dosen wali yang selalu memberikan motivasi selama berkuliah di Teknik Infrastruktur Sipil.
4. Seluruh Teknik Infrastruktur Sipil yang secara tidak langsung telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
5. Seluruh teman-teman mahasiswa ITS khususnya jurusan Teknik Infrastruktur Sipil ITS.

Dengan segenap kerendahan hati penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini masih banyak terdapat kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, apabila nantinya terdapat kekeliruan dalam penulisan laporan kerja praktek ini penulis sangat mengharapkan kritik dan saran demin kebaikan untuk kedepannya. Akhir kata semoga Tugas Akhir Terapan ini dapat memberikan banyak manfaat bagi kita semua.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
LEMBAR ASISTENSI	ix
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xv
KATA PENGANTAR.....	xvii
DAFTAR ISI.....	xix
DAFTAR GAMBAR	xxv
DAFTAR TABEL	xxix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Peta Lokasi	5
1.7 Gambar Eksisting dan Rencana.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Data Perencanaan	7
2.2 Jenis-Jenis Jembatan Busur	7
2.3 Data Material.....	9
2.3.1 Baja.....	9
2.3.2 Beton	9
2.4 Peraturan-Peraturan yang Digunakan.....	10
2.5 Pembebanan Jembatan	10
2.5.1 Beban Permanen.....	10
2.5.2 Beban Lalulintas.....	11
2.5.3 Beban Aksi Lingkungan	12
2.5.4 Kombinasi Pembebanan	16
2.6 Dasar Perencanaan Bangunan Atas	18
2.6.1 Perencanaan Pelat Lantai.....	18
2.6.2 Perencanaan Rangka Utama	21
2.6.3 Perencanaan Rangka Balok	22
2.6.4 Perencanaan Sambungan Rangka.....	26
2.7 Dasar Perencanaan Bangunan Bawah	29
2.7.1 Perencanaan Penulangan Kolom Bangunan Bawah Jembatan 29	

2.7.2	Perencanaan Pondasi Bangunan Bawah Jembatan ..	30
2.7.3	Perencanaan Pile Cap Bangunan Bawah Jembatan ..	33
2.8	Metode Pelaksanaan Pekerjaan Jembatan	34
2.9	Pemilihan Alat Berat	35
BAB 3	METODOLOGI	39
3.1	Diagram Alir.....	39
3.2	Studi Literatur.....	41
3.3	Pengumpulan Data.....	41
3.4	Preeliminary Desain	41
3.5	Analisa Pembebanan.....	41
3.6	Pemodelan Analisa Struktur	42
3.7	Analisa Struktur	43
3.8	Kontrol Kestabilan Struktur.....	44
3.9	Penggambaran Hasil Rencana	44
BAB 4	PRELIMINARY DESAIN	47
4.1	Rencana Modifikasi Jembatan.....	47
4.2	Perencanaan Dimensi Busur	48
4.3	Perencanaan Dimensi Tebal Pelat Minimum	50
4.4	Analisa Pembebanan.....	50
4.4.1	Beban Permanen	51
4.4.2	Beban Lalulintas (LL)	52
4.4.3	Aksi Lingkungan	53
BAB 5	PERENCANAAN PELAT LANTAI KENDARAAN JEMBATAN.....	59
5.1.	Data Perencanaan	59
5.2.	Diagram Alir Perhitungan	60
5.3.	Perencanaan Dimensi Tebal Pelat	60
5.4.	Pembebanan.....	61
5.4.1	Kombinasi Pembebanan	61
5.4.2	Analisa Momen Ultimate Pelat.....	62
5.5.	Perencanaan Penulangan Plat Lantai Kendaraan.....	63
5.5.1	Perencanaan Tulangan Lapangan	63
5.5.2	Perencanaan Tulangan Tumpuan.....	66
5.5.3	Kontrol Terhadap Geser	69
5.6.	Perencanaan Sandaran	70
BAB 6	PERENCANAAN KOMPONEN STRUKTUR LANTAI JEMBATAN.....	73

6.1	Data Perencanaan	73
6.2	Diagram Alir Perhitungan	74
6.3	Perencanaan Gelagar Memanjang	76
6.3.1	Pembebanan Gelagar Memanjang	76
6.3.2	Detail Profil W 400.300.18.11	79
6.3.3	Klasifikasi Penampang	79
6.3.4	Analisa Desain Komponen Struktur Lentur	80
6.3.5	Analisa Desain Komponen Struktur Geser	82
6.3.6	Kontrol Lendutan Gelagar Memanjang	83
6.3.7	Sambungan Gelagar Memanjang	84
6.4	Perencanaan Gelagar Melintang	87
6.4.1	Pembebanan Gelagar Memanjang	87
6.4.2	Detail Profil W 1300.550.40.32	91
6.4.3	Klasifikasi Penampang	91
6.4.4	Analisa Desain Komponen Struktur Lentur	92
6.4.5	Analisa Desain Komponen Struktur Geser	94
6.4.6	Kontrol Lendutan Gelagar	94
6.4.7	Kontrol Setelah Komposit	96
6.4.8	Sambungan Gelagar Melintang	99
6.5	Perencanaan Ikatan Angin Lantai Jembatan	102
6.5.1	Frame WG-1	102
6.5.2	Hasil Analisa Gaya Dalam	102
6.5.3	Detail Profil W 300 300 21 20	102
6.5.4	Klasifikasi Penampang	103
6.5.5	Analisa Komponen Struktur Tarik	104
6.5.6	Analisa Desain Komponen Struktur Lentur	105
6.5.7	Analisa Desain Komponen Struktur Geser	107
6.5.8	Sambungan Ikatan Angin Lantai Kendaraan	108
BAB 7 PERENCANAAN KOMPONEN STRUKTUR RANGKA		
BUSUR JEMBATAN		110
7.1	Data Perencanaan	111
7.2	Diagram Alir Perhitungan	111
7.3	Kombinasi Pembebanan	113
7.4	Perencanaan Rangka Busur Atas	114
7.4.1	Frame AT-29	114
7.4.2	Hasil Analisa Gaya Dalam	114
7.4.3	Detail Profil BOX 900 900 40	115

7.4.4	Klasifikasi Penampang	115
7.4.5	Analisa Komponen Struktur Tekan	116
7.4.6	Analisa Desain Komponen Struktur Lentur	118
7.4.7	Analisa Desain Komponen Struktur Geser.....	120
7.4.8	Rekapitulasi Analisa Perencanaan Rangka Busur Atas 121	
7.4.9	Sambungan Rangka Busur Atas AT-29.....	123
7.5	Perencanaan Rangka Busur Bawah	126
7.5.1	Frame AB-1	126
7.5.2	Hasil Analisa Gaya Dalam	126
7.5.3	Detail Profil BOX 1100 900 40	127
7.5.4	Klasifikasi Penampang	127
7.5.5	Analisa Komponen Struktur Tekan	128
7.5.6	Analisa Desain Komponen Struktur Lentur	130
7.5.7	Analisa Desain Komponen Struktur Geser.....	132
7.5.8	Rekapitulasi Analisa Perencanaan Rangka Busur Bawah 133	
7.5.9	Sambungan Rangka Busur Bawah AB-1	135
7.6	Perencanaan Rangka Busur Vertikal	137
7.6.1	Frame AV-1	138
7.6.2	Hasil Analisa Gaya Dalam	138
7.6.3	Detail Profil BOX 500 500 28	139
7.6.4	Klasifikasi Penampang	139
7.6.5	Analisa Komponen Struktur Tekan	140
7.6.6	Analisa Desain Komponen Struktur Lentur	142
7.6.7	Analisa Desain Komponen Struktur Geser.....	144
7.6.8	Rekapitulasi Analisa Perencanaan Rangka Busur Vertikal 145	
7.6.9	Sambungan Rangka Busur Vertikal AV-1	148
7.7	Perencanaan Rangka Busur Diagonal.....	152
7.7.1	Frame AI-1	152
7.7.2	Hasil Analisa Gaya Dalam	152
7.7.3	Detail Profil W 400 400 24 16.....	153
7.7.4	Klasifikasi Penampang	153
7.7.5	Analisa Komponen Struktur Tarik.....	154
7.7.6	Analisa Desain Komponen Struktur Lentur	156
7.7.7	Analisa Desain Komponen Struktur Geser.....	158

7.7.8	Rekapitulasi Analisa Perencanaan Rangka Busur Diagonal	159
7.7.9	Sambungan Rangka Busur Diagonal AI-3	162
7.8	Perencanaan Ikatan Angin Rangka Busur	166
7.8.1	Frame AWH-1	166
7.8.2	Hasil Analisa Gaya Dalam	166
7.8.3	Detail Profil BOX 400 400 20	167
7.8.4	Klasifikasi Penampang	167
7.8.5	Analisa Komponen Struktur Tekan	168
7.8.6	Analisa Desain Komponen Struktur Lentur	170
7.8.7	Analisa Desain Komponen Struktur Geser	172
7.8.8	Rekapitulasi Analisa Perencanaan Ikatan Angin Rangka Busur	173
7.8.9	Sambungan Ikatan Angin Rangka Busur AWH-1	176
7.9	Perencanaan Ikatan Angin Rangka Busur Silang	181
7.9.1	Frame AWI-31	181
7.9.2	Hasil Analisa Gaya Dalam	181
7.9.3	Detail Profil W 300 300 21 20	181
7.9.4	Klasifikasi Penampang	182
7.9.5	Analisa Komponen Struktur Tekan	183
7.9.6	Analisa Desain Komponen Struktur Lentur	184
7.9.7	Analisa Desain Komponen Struktur Geser	187
7.9.8	Rekapitulasi Analisa Perencanaan Ikatan Angin Rangka Busur Silang	188
7.9.9	Sambungan Ikatan Angin Rangka Busur Silang AWI31	194
7.10	Perencanaan Batang Penggantung	200
7.11	Perencanaan Perletakan Jembatan	205
7.12	Kontrol Lendutan Jembatan	208
BAB 8 PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN BAWAH JEMBATAN		209
8.1	Data Perencanaan	209
8.2	Pembebanan Bangunan Bawah	209
8.3	Perencanaan Pilar Bangunan Bawah	218
8.4	Perencanaan Pondasi	221
8.5	Perencanaan Pile Cap	229
BAB 9 METODE PELAKSANAAN JEMBATAN		237

9.1 Tahapan Metode Konstruksi Jembatan.....237

9.2 Analisa Struktur.....248

BAB 10 KESIMPULAN255

DAFTAR PUSTAKA.....257

BIODATA PENULIS.....259

LAMPIRAN261

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1: Peta Lokasi Jembatan Tol Porong Gempol.....	5
Gambar 1. 2 Potongan Memanjang Jembatan Eksisting Tol Porong Gempol.....	5
Gambar 1. 3 Potongan Memanjang Jembatan Rencana Tol Porong Gempol.....	5
Gambar 2. 1 <i>Deck Arch</i>	8
Gambar 2. 2 <i>Through Arch</i>	8
Gambar 2. 3 <i>Half-Through Arch</i>	8
Gambar 2. 4 Alat Pancang.....	35
Gambar 2. 5 Crane.....	36
Gambar 2. 6 Dump Truck.....	36
Gambar 2. 7 Concrete Pump.....	37
Gambar 2. 8 Concrete Mixer	37
Gambar 2. 9 Tandem Roller	38
Gambar 2. 10 Asphalt Finisher.....	38
Gambar 3. 1 Pemodelan struktur Jembatan	43
Gambar 4. 1 Tampak samping jembatan busur	48
Gambar 4. 2 Ilustrasi panjang bentang jembatan dan tinggi busur	48
Gambar 4. 3 Grafik Respons Spektrum.....	57
Gambar 5. 1 Tampak lantai jembatan.....	59
Gambar 5. 2 Penyebaran beban akibat roda kendaraan	69
Gambar 5. 3 Dimensi sandaran dari beton (parapet)	71
Gambar 6. 1 Detail Lantai Jembatan	73
Gambar 6. 2 Beban Permanen (MA)(MS) Gelagar	77
Gambar 6. 3 Beban Lajur "D" (TD) Gelagar.....	78
Gambar 6. 4 Beban Truk "T" (TT) Gelagar.....	78
Gambar 6. 5 Profil Gelagar Memanjang.....	79
Gambar 6. 6 Detail Sambungan Gelagar Memanjang	84
Gambar 6. 7 Luasan Plat terkena Geser dan Tarik	85
Gambar 6. 8 Beban permanen (MA)(MS) gelagar	89
Gambar 6. 9 Beban lajur "D" (TD) gelagar	90
Gambar 6. 10 Beban truk "T" (TT) gelagar.....	90
Gambar 6. 11 Profil Gelagar Melintang	91
Gambar 6. 12 Garis netral penampang komposit	96
Gambar 6. 13 Detail Sambungan Gelagar Melintang.....	99
Gambar 6. 14 Luasan Plat terkena Geser dan Tarik	100
Gambar 6. 15: Letak Frame WG-1	102
Gambar 6. 16: Profil BOX Ikatan Angin Lantai Jembatan	103
Gambar 6. 17:: Detail Sambungan Ikatan Angin	108

Gambar 7. 1: Letak Frame AT-29	114
Gambar 7. 2: Profil BOX Rangka Busur Atas	115
Gambar 7. 3: Detail Sambungan Busur Atas.....	123
Gambar 7. 4: Detail Sambungan Busur Atas	125
Gambar 7. 5: Letak Frame AB-1	126
Gambar 7. 6: Profil BOX Rangka Busur Bawah.....	127
Gambar 7. 7: Detail Sambungan Busur Bawah.....	135
Gambar 7. 4: Detail Sambungan Busur Atas	137
Gambar 7. 9: Letak Frame AV-1	138
Gambar 7. 10: Profil BOX Rangka Busur Vertikal.....	139
Gambar 7. 11: Detail Sambungan Busur Vertikal	149
Gambar 7. 12: Detail Sambungan Busur Vertikal.....	151
Gambar 7. 13: Letak Frame AI-1	152
Gambar 7. 14: Profil W Rangka Busur Diagonal.....	153
Gambar 7. 15: Detail Sambungan Busur Diagonal	163
Gambar 7. 16: Detail Sambungan Busur Diagonal	165
Gambar 7. 17: Letak Frame AWH-1	166
Gambar 7. 18: Profil Box Ikatan Angin Rangka Busur.....	167
Gambar 7. 19: Detail Sambungan Ikatan Angin Rangka Busur.	177
Gambar 7. 20: Detail Sambungan Ikatan Angin Rangka Busur.....	180
Gambar 7. 21: Letak Frame AWI-31	181
Gambar 7. 22: Profil W Ikatan Angin Rangka Busur Silang	182
Gambar 7. 23: Detail Sambungan Ikatan Angin Rangka Busur Silang	195
Gambar 7. 24: Detail Sambungan Ikatan Angin Rangka Busur Silang	199
Gambar 7. 25: Ilustrasi panjang bentang jembatan dan tinggi busur ..	201
Gambar 7. 26: Letak Batang Penggantung CB	203
Gambar 7. 27: Spesifikasi Kabel Macalloy M105	203
Gambar 7. 28 Detail perletakan.....	206
Gambar 7. 29 Detail Engsel perletakan.....	208
Gambar 7. 30 lendutan Pada Jembatan Berdasar Analisa SAP2000 ..	208
Gambar 8. 1 Rencana Desain Abutment	211
Gambar 8. 2 Denah Taing Pancang.....	225
Gambar 8. 3 Metode Broms	228
Gambar 8. 4 Desain Rencana Pile Cap.....	229
Gambar 9. 1 Denah Pekerjaan Jembatan	237
Gambar 9. 2 Pemancangan Pondasi	238
Gambar 9. 3 Penyambungan Tiang Pancang.....	238
Gambar 9. 4 Pembesian Pile Cap	239

Gambar 9. 5 Pengecoran Pile Cap	240
Gambar 9. 6 Konstruksi Bangunan Bawah.....	240
Gambar 9. 7 Konstruksi Struktur Busur Jembatan	241
Gambar 9. 8 Lokasi Pengurugan Lahan	242
Gambar 9. 9 Denah Pekerjaan	242
Gambar 9. 10 Stage 1 dengan panjang 17.5 m	243
Gambar 9. 11 Stage 2 dengan panjang 17.5 m	243
Gambar 9. 12 Stage 3 dengan panjang 17.5 m	244
Gambar 9. 13 Stage 4 dengan panjang 17.5 m	244
Gambar 9. 14 Stage 5 dengan panjang 17.5 m	245
Gambar 9. 15 Stage 6 dengan panjang 14 m	245
Gambar 9. 16 Pemasangan Struktur Lantai Jembatan	246
Gambar 9. 17 Konstruksi Plat Lantai Jembatan	247
Gambar 9. 18 Pekerjaan Finishing Jembatan.....	248
Gambar 9. 19 Hasil Analisa Temporary Tower dengan SAP2000	249
Gambar 9. 20 Profil kabel Penggantung MACALLOY 520	249
Gambar 9. 21 Analisa Temporary Tower dengan SAP2000 Stage 1.	250
Gambar 9. 22 Analisa Temporary Tower dengan SAP2000 Stage 2	250
Gambar 9. 23 Analisa Temporary Tower dengan SAP2000 Stage 3.	251
Gambar 9. 24 Analisa Temporary Tower dengan SAP2000 Stage 4.	252
Gambar 9. 25 Analisa Temporary Tower dengan SAP2000 Stage 5.	253
Gambar 9. 26 Analisa Temporary Tower dengan SAP2000 Stage 6.	254

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Mekanisme Baja	9
Tabel 2. 2 Berat isi Untuk Beban Mati	11
Tabel 2. 3 Tekanan Angin Dasar	13
Tabel 2. 4 Kelas Situs	14
Tabel 2. 5 Faktor Amplifikasi untuk Periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a)	14
Tabel 2. 6 Faktor Amplifikasi untuk Periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a)	15
Tabel 2. 7 Kombinasi beban dan faktor beban	16
Tabel 3. 1 Kombinasi Pembebanan (SNI 1725-2016)	42
Tabel 4. 1 Panjang Batang Penggantung	49
Tabel 4. 2 Kombinasi Pembebanan (SNI 1725-2016)	50
Tabel 4. 3 Kombinasi Pembebanan untuk beban permanen (MA/MS)	51
Tabel 4. 4 Berat Jenis Beban Mati	51
Tabel 4. 5 Spesifikasi Steeldeck	51
Tabel 4. 6 Kelas Situs Tanah	55
Tabel 4. 7 Nilai Respons Spektrum	56
Tabel 5. 1 Spesifikasi Steeldeck	59
Tabel 5. 2 Kombinasi Pembebanan Kuat 1	61
Tabel 5. 3 Beban yang Bekerja pada Lantai Jembatan (Kuat 1)	61
Tabel 6. 1 Kombinasi Pembebanan Kuat 1	76
Tabel 6. 2 Beban yang Bekerja pada Gelagar Memanjang Sebelum Komposit (Kuat 1)	76
Tabel 6. 3 Beban yang Bekerja pada Gelagar Memanjang Sesudah Komposit (Kuat 1)	77
Tabel 6. 4 Kombinasi Pembebanan Layan 1	83
Tabel 6. 5 Beban yang Bekerja pada Gelagar (Layan 1)	83
Tabel 6. 6 Kombinasi Pembebanan Kuat 1	87
Tabel 6. 7 Beban yang Bekerja pada Gelagar Melintang Sebelum Komposit (Kuat 1)	88
Tabel 6. 8 Beban yang Bekerja pada Gelagar Melintang Sesudah Komposit (Kuat 1)	88
Tabel 6. 9 Kombinasi Pembebanan Layan 1	94
Tabel 6. 10 Beban yang Bekerja pada Gelagar (Layan 1)	95
Tabel 6. 11: Hasil Output SAP Untuk Ikatan Angin Lantai	102
Tabel 7. 1: Kombinasi Pembebanan Kuat 1	114
Tabel 7. 2: Hasil Output SAP Untuk Rangka Busur Atas	114
Tabel 7. 3: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Rangka Busur Atas 1	121

Tabel 7. 4: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Rangka Busur Atas 2	122
Tabel 7. 5: Rekapitulasi Jumlah Baut Rangka Busur Atas.....	124
Tabel 7. 6: Hasil Output SAP Untuk Rangka Busur Bawah	126
Tabel 7. 7: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Rangka Busur Bawah 1	133
Tabel 7. 8: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Rangka Busur Bawah 2	134
Tabel 7. 9: Rekapitulasi Jumlah Baut Rangka Busur Bawah	136
Tabel 7. 10: Hasil Output SAP Untuk Rangka Busur Vertikal	138
Tabel 7. 11: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Rangka Busur Vertikal 1	145
Tabel 7. 12: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Rangka Busur Vertikal 2	147
Tabel 7. 13: Rekapitulasi Jumlah Baut Rangka Busur Vertikal	150
Tabel 7. 14: Hasil Output SAP Untuk Rangka Busur Diagonal.....	152
Tabel 7. 15: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Rangka Busur Diagonal 1.....	159
Tabel 7. 16: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Rangka Busur Diagonal 2.....	161
Tabel 7. 17: Rekapitulasi Jumlah Baut Rangka Busur Diagonal	164
Tabel 7. 18: Hasil Output SAP Untuk Ikatan Angin Rangka Busur ...	166
Tabel 7. 19: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Ikatan Angin Rangka Busur.1	173
Tabel 7. 20: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Ikatan Angin Rangka Busur.2	175
Tabel 7. 21: Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Rangka Busur. ...	178
Tabel 7. 22: Hasil Output SAP Untuk Ikatan Angin Rangka Busur Silang	181
Tabel 7. 23: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Ikatan Angin Rangka Busur Silang 1	188
Tabel 7. 24: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Ikatan Angin Rangka Busur Silang 2	191
Tabel 7. 25: Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Rangka Busur Silang	196
Tabel 7. 26: Panjang Batang Penggantung.....	202
Tabel 7. 27: Hasil Output SAP Untuk Batang Penggantung CB.....	203
Tabel 7. 28: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Batang Penggantung	203
Tabel 7. 29 Dimensi pot bearing tipe <i>Fixed</i>	205
Tabel 7. 30 Hasil Analisa perletakan SAP2000	206

Tabel 8. 1 Hasil Output SAP Untuk Beban Permanen	209
Tabel 8. 2 Hasil Output SAP Untuk Beban Lajur	210
Tabel 8. 3 Hasil Output SAP Untuk Beban Angin	210
Tabel 8. 4 Rekapitulasi Pembebanan Bangunan Bawah 1	211
Tabel 8. 5 Rekapitulasi Pembebanan Bangunan Bawah 2	211
Tabel 8. 6 Hasil Output SAP Untuk Beban Gempa Struktur Atas	212
Tabel 8. 7 Hasil Untuk Beban Gempa Bangunan Bawah	214
Tabel 8. 8 Rekapitulasi Beban untuk Perencanaan Bangunan Bawah 1	214
Tabel 8. 9 Rekapitulasi Beban untuk Perencanaan Bangunan Bawah 2	214
Tabel 8. 10 Kombinasi Pembebanan Bangunan Bawah	215
Tabel 8. 11 Kombinasi Pembebanan Bangunan Bawah 1	216
Tabel 8. 12 Kombinasi Pembebanan Bangunan Bawah 2	216
Tabel 8. 13 Kombinasi Pembebanan Bangunan Bawah 3	216
Tabel 8. 14 Kombinasi Pembebanan Bangunan Bawah 4	217
Tabel 8. 15 Kombinasi Pembebanan Bangunan Bawah 5	217
Tabel 8. 16 Kombinasi Pembebanan Bangunan Bawah 6	217
Tabel 8. 17 Rekapitulasi Kombinasi Pembebanan Terbesar	217
Tabel 8. 18 Hasil Rekapitulasi Pembebanan Bangunan Bawah	222
Tabel 8. 19 Daya Dukung Tiang Pancang	222
Tabel 9. 1 Hasil Output SAP Untuk Frame Temporary Tower	249
Tabel 9. 2 Hasil Output SAP Untuk Gaya Tarik Stage 1	250
Tabel 9. 3 Hasil Output SAP Untuk Gaya Tarik Stage 2	251
Tabel 9. 4 Hasil Output SAP Untuk Gaya Tarik Stage 3	251
Tabel 9. 5 Hasil Output SAP Untuk Gaya Tarik Stage 4	252
Tabel 9. 6 Hasil Output SAP Untuk Gaya Tarik Stage 5	253
Tabel 9. 7 Hasil Output SAP Untuk Gaya Tarik Stage 6	254

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan sarana yang sangat penting dalam mendukung keberhasilan pembangunan dan kegiatan perekonomian masyarakat di Indonesia, dikarenakan transportasi dapat meningkatkan pelayanan mobilitas penduduk dan sumberdaya lainnya yang dapat mendukung terjadinya pertumbuhan ekonomi di daerah-daerah. Sehingga untuk mendukung hal tersebut dibutuhkan sarana dan prasarana yang memadai, salah satu prasarana yang dapat mendukung hal tersebut adalah jembatan.

Salah satu jalur transportasi di Indonesia adalah Jalan Tol Surabaya-Gempol. Jalan Tol Surabaya-Gempol adalah jalan tol sepanjang 43 kilometer yang menghubungkan antara Surabaya dengan Gempol, namun 6 kilometer bagian dari tol ini ditutup akibat peristiwa luapan Lumpur Lapindo yang menenggelamkan jalan tol Surabaya-Gempol ruas Porong-Gempol sejak 2006. Oleh karena itu dilakukan pembangunan Proyek Pekerjaan Relokasi Jalan Tol Surabaya-Gempol Ruas Porong-Gempol yang dikerjakan oleh Wika dan Waskita-Gorip sepanjang total 6 km. Jalan Tol Porong-Gempol ini merupakan jalan dengan elevasi yang tinggi (*flyover*).

Jalan Tol Porong-Gempol tersebut direncanakan memiliki kondisi eksisting jembatan menggunakan beton prategang dengan profil *i girder* yang terletak di antara dua Jalan Arteri Baru Porong. Jalan Tol tersebut juga melintasi sungai Porong sehingga pada segmen jalan yang melintasi sungai Porong tersebut terdapat tiga segmen jembatan di sungai Porong yang akan menyebabkan terganggunya aliran sungai karena banyaknya pilar yang terdapat pada sungai. Oleh karena hal tersebut pada proyek tugas akhir ini penulis ingin memodifikasi Jembatan Tol Porong-Gempol dari

jembatan beton prategang dengan profil i girder menjadi jembatan busur Baja. Dipilihnya Jembatan Busur baja dikarenakan Jembatan Busur mampu memberikan bentang jembatan yang lebih panjang daripada jembatan beton bertulang sehingga dapat mengurangi kebutuhan pilar jembatan dan memberikan ruang bebas di bawah jembatan yang lebih luas, dan menambah nilai estetika pada jembatan tersebut.

Modifikasi Struktur Jembatan Tol Porong-Gempol tersebut dimodifikasi menggunakan Jembatan Busur baja dengan panjang bentang 210 m dan direncanakan menggunakan lantai kendaraan dibawah (*Through Arch Bridge*) dengan 3 lajur, 2 arah pada STA 40+482 sampai STA 40+692. Pada perencanaan inni peraturan yang dipakai adalah SNI 1725-2016 untuk pembebanannya dan untuk perencanaan bangunan atas menggunakan peraturan (SNI) T-03-2005 dan T-12-2004 untuk perencanaan lantai jembatannya.

Data Jembatan Tol Porong-Gempol

- Nama Proyek : Relokasi Jalan Tol Surabaya-Gempol, Ruas Gempol-Porong Paket 2
- Pemilik Proyek : PT. Jasa Marga (Persero)Tbk
- Lokasi Proyek : Sungai Porong, Kabupaten Sidoarjo
- Bangunan Atas : Beton Prategang
- Bangunan Bawah : Pondasi Tiang Pancang

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan struktur bangunan atas dan bangunan bawah dari jembatan busur baja?
2. Bagaimana menentukan asumsi pembebanan yang terjadi pada bagian-bagian jembatan busur baja?

3. Bagaimana merencanakan profil yang akan di gunakan untuk struktur jembatan busur baja tersebut ?
4. Bagaimana penggambaran teknik jembatan dan bagian-bagiannya berdasarkan hasil perencanaan dan perhitungan ?
5. Bagaimana merencanakan metode pelaksanaan dari jembatan busur baja?

1.3 Tujuan

Dari permasalahan yang telah diuraikan di atas, adapun tujuan yang akan dicapai dari penyusunan proyek tugas akhir ini adalah :

1. Dapat merencanakan struktur jembatan busur baja sesuai dengan ketentuan SNI yang berlaku.
2. Dapat menentukan jenis pembebanan yang terjadi pada jembatan yang sesuai dengan ketentuan SNI pembebanan yang berlaku.
3. Dapat menentukan profil yang digunakan dalam perencanaan jembatan sesuai dengan kebutuhan.
4. Dapat memvisualisasikan desain dalam bentuk gambar jembatan berdasarkan hasil perencanaan dan perhitungan yang dilakukan.
5. Dapat merencanakan metode pelaksanaan jembatan busur baja.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari penyimpangan dalam pembahasan dari permasalahan yang telah diuraikan di atas, maka batasan masalah dari perencanaan dan perhitungan jembatan busur ini adalah :

1. Perencanaan jembatan busur hanya pada STA 40+482 sampai STA 40+692 menggunakan struktur busur tipe *through arch bridge*

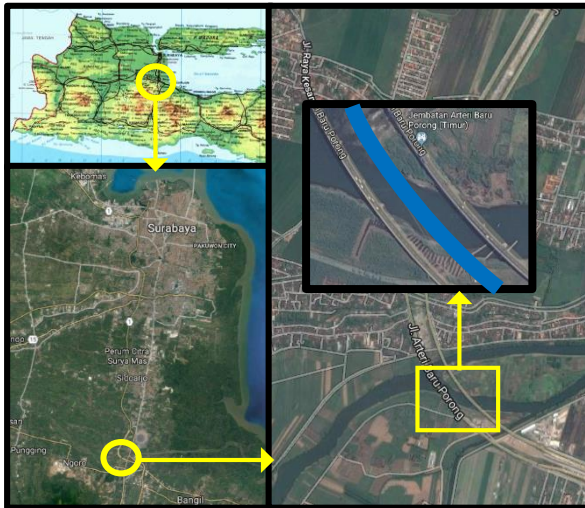
2. Perencanaan hanya ditinjau dari aspek teknis saja dan tidak dilakukan analisa dari segi biaya maupun segi waktu.
3. Metode pelaksanaan jembatan hanya dibahas secara umum tanpa membahas detail setiap segmen jembatan.
4. Penggambaran menggunakan program bantu Autocad dan untuk analisa strukturnya menggunakan program bantu SAP2000

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari penyusunan tugas akhir perencanaan jembatan busur beton ini adalah:

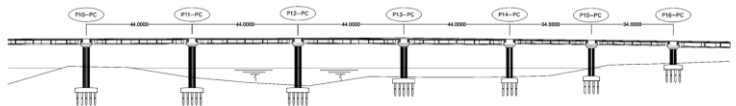
1. Sebagai solusi untuk mendapatkan desain struktur jembatan dengan bentang lebih Panjang dari jembatan beton prategang, sehingga dapat mengurangi jumlah kolom dan pondasi yang dapat mengganggu aliran air sungai.
2. Sebagai referensi merencanakan jembatan dengan sistem busur,
3. Mahasiswa mampu mengaplikasikan keseluruhan ilmu yang dipelajari selama kuliah.
4. Untuk di jadikan sebagai proyek tugas akhir yang menjadi syarat kelulusan.

1.6 Peta Lokasi

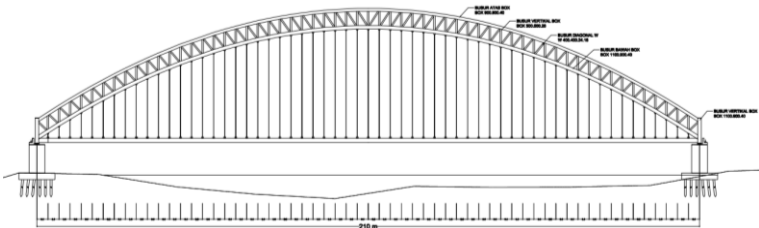


Gambar 1. 1: Peta Lokasi Jembatan Tol Porong Gempol

1.7 Gambar Eksisting dan Rencana



Gambar 1. 2 Potongan Memanjang Jembatan Eksisting Tol Porong Gempol



Gambar 1. 3 Potongan Memanjang Jembatan Rencana Tol Porong Gempol

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Data Perencanaan

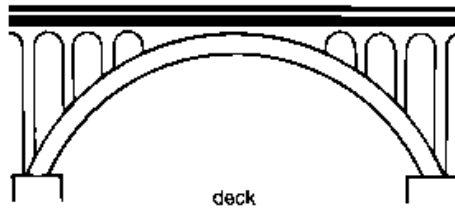
Jembatan merupakan suatu sarana transportasi yang berguna untuk menghubungkan antara dua wilayah yang terdapat suatu rintangan yang lebih rendah, rintangan tersebut biasanya berupa jurang sungai, selat dan jalan lain. Sehingga dimungkinkan untuk dilakukannya transportasi antar wilayah. Menurut Ir. H. J. Struyk dalam bukunya “Jembatan”, Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain berupa jalan air atau lalu lintas biasa. (Struyk dan Veen, 1984).

Jembatan busur adalah jembatan dimana lantai kendaraan hanya berfungsi untuk meneruskan beban ke busur, sehingga busur menerima momen. (RSNI+T-03-2005 pasal 12.2.1).

2.2 Jenis-Jenis Jembatan Busur

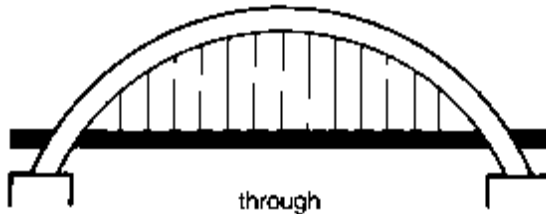
- a. Jenis-Jenis jembatan Busur Berdasarkan Sistem Strukturnya
 - Busur Dua Sendi (*Two hinged Arch*)
 - Busur Tiga Sendi (*Three Hinged Arch*)
 - Busur Terjepit (*Fixed Arch*)
- b. Jenis-Jenis jembatan Busur Berdasarkan Letak Lantai Jembatanya
 - *Deck Arch*

Jembatan busur dimana letak lantai jembatan berada di bagian paling atas busur sehingga menopang beban lalu-lintas secara langsung.



Gambar 2. 1 Deck Arch

- *Through Arch*
Jembatan busur dimana letak daripada lantai jembatan terdapat tepat di springline busurnya.



Gambar 2. 2 Through Arch

- *A Half – Through Arch*
Jembatan busur dimana lantai jembatan terletak di antara springline dan bagian paling atas busur atau di tengah – tengah



Gambar 2. 3 Half-Through Arch

- c. Jenis-Jenis jembatan Busur Berdasarkan Jenis Gelagar Pemikul Utama
 - Busur Dinding Penuh
 - Busur Rangka Batang

2.3 Data Material

2.3.1 Baja

Mutu Baja yang digunakan dalam perencanaan ini menggunakan jenis Baja BJ 55 dengan, Sifat mekanis baja struktural menurut SNI T-03-2005 adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Sifat Mekanisme Baja

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u (MPa)	Tegangan leleh minimum, f_y (MPa)	Peregangan minimum (%)
BJ 55	550	410	13

Sumber : SNI T-03-2005 Tabel 1

- Modulus elastisitas : $E = 200000 \text{ MPa}$
- Modulus geser : $G = 80000 \text{ MPa}$
- Angka poisson : $\mu = 0,3$
- Koefisien pemuaian : $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}$

2.3.2 Beton

a. Elasticity of concrete (EC)

Adalah modulus elastisitas beton (E_c) berdasarkan SNI 2847 – 2013 untuk beton normal dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$E_c = 4700\sqrt{f_{c'}}$$

$f_{c'}$ = kuat tekan silinder beton 28 hari

b. Tebal selimut beton

Tebal selimut beton beton direncanakan menurut keadaan lingkungan jembatan dan mutu beton yang digunakan, berdasarkan SNI 2847 – 2013.

- a) Beton yang dicor di atas dan selalu berhubungan dengan tanah : 75 mm
- b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca:
 - Batang tulangan D-19 hingga D-57 : 50 mm

- Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil : 40 mm
- c) Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah:
Slab, dinding, balok usuk:
 - Batang tulangan D-44 dan D-57 : 40 mm
 - Batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil : 20 mm
 Balok, kolom:
 - Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral : 40 mm
 Komponen struktur cangkang, pelat lipat:
 - Batang tulangan D-19 dan yang lebih besar : 20 mm
 - Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil : 13 mm

2.4 Peraturan-Peraturan yang Digunakan

Peraturan-peraturan yang digunakan dalam perencanaan jembatan busur rangka baja sebagai berikut.:

- Standar Nasional Indonesia (SNI) T-12-2004. Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 1725-2016. Standar Pembebanan Untuk Jembatan.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 2833-2016. Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 2833-2016. Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa.
- American Institute of Steel Construction (AISC) 2016

2.5 Pembebanan Jembatan

2.5.1 Beban Permanen

Besarnya kerapatan massa dan berat isi untuk bahan Aspal, Beton dan baja dapat dilihat dari SNI 1725-2016 Tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. 2 Berat isi Untuk Beban Mati

Bahan	Berst isi (kN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
Beton Aspal	22.0	2245
Beton $f'_c < 35$ MPa	22.0-25.0	2320
Beton $35 < f'_c < 105$ MPa	$22+0.022 \cdot f'_c$	$2240+2.29 \cdot f'_c$
Baja	78.5	7850

Sumber : SNI 1725-2016 Tabel 2

Beban permanen jembatan terdiri dari Berat sendiri (MS) dan beban mati tambahan (MA). Berat sendiri (MS) yang direncanakan bekerja pada jembatan ini terdiri dari beban dari struktur baja dan beban dari pelat lantai. Adapun faktor beban (γ_{MS}) dan (γ_{MA}) yang digunakan berdasarkan SNI 1725-2016. Berat sendiri (MS) berdasarkan SNI 1725-2016 Tabel 3, Baja ($\gamma_{MS}^U = 1,10$) dan Beton di cor ditempat ($\gamma_{MS}^U = 1,30$). Sedangkan untuk beban mati tambahan (MA) berdasarkan SNI 1725-2016 Tabel 4, Keadaan Umum ($\gamma_{MA}^U = 2,00$).

2.5.2 Beban Lalulintas

Jembatan direncanakan memiliki 6 lajur, 2 arah dengan median. Lebar bersih jembatan berdasarkan SNI 1725-2016 Tabel 11 adalah ($w \geq 16,500$ mm). Beban lalu lintas yang direncanakan bekerja pada struktur jembatan terdiri dari Beban Lajur “D” (TD). Beban Truk “T” (TT), gaya Rem (TB) dan Beban pejalan kaki (TP).

a. Beban Lajur “D” (TD)

Faktor beban yang digunakan untuk beban Lajur “D” berdasarkan SNI 1725-2016 Tabel 12, dengan tipe jembatan beton ($\gamma_{TA}^U = 1.80$). Beban Terbagi Merata (BTR = q) dengan q untuk $L > 30$ m sebagai berikut :

$$q = 9.0 \left(0.5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa (untuk } L > 30 \text{ m)}$$

Sedangkan, Beban Garis Terpusat ($BGT = p$) Beban garis “p” ditetapkan sebesar 49 kN/m berdasarkan SNI 1725-2016 pasal 8.3.1.

b. Beban Truk “T” (TT)

Berdasarkan SNI 1725-2016 pasal 8.4. Beban truk “T” adalah berat satu kendaraan truk 500 kN 3as (SNI 1725-2016 gambar 26). Faktor Beban truk “T” yang digunakan (γ_{TT}^U) = 1,80

c. Gaya Rem (TB)

Perencanaan Gaya rem (TB) berdasarkan SNI 1725-2016 Pasal 8.7 diambil dari yang terbesar dari 25% dari berat gandar truk desain atau, 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR.

d. Beban Pejalan Kaki (TP)

Beban pejalan kaki (TP) yang direncanakan berdasarkan SNI 1725-2016 pasal 8.9 adalah 5 kPa

2.5.3 Beban Aksi Lingkungan

Pengaruh Aksi lingkungan yang direncanakan pada jembatan berdasarkan SNI 1725-2016 terdiri dari beban angin dan beban gempa.

a. Beban Angin

Tekanan angin yang ditentukan pada SNI 1725-2016 ini diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (V_B) sebesar 90 hingga 126 km/jam. Untuk jembatan atau bagian jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10000 mm diatas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angin rencana, V_{DZ} , harus dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{DZ} = 2,5 \cdot V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right)$$

Nilai V_0 dan Z_0 untuk daerah sub urban berdasarkan SNI 03-1726 Tabel 28 adalah $V_0 = 17,6$ km/jam dan $Z_0 = 1000$ mm

Beban angin pada struktur (EW_s)

Tekanan angin rencana dalam MPa dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2$$

Keterangan :

P_B : tekanan angin dasar seperti yang ditentukan dalam tabel 29 (MPa)

Tabel 2. 3 Tekanan Angin Dasar

Komponen Bangunan Atas	Angin Tekan (MPa)	Angin Hisap (MPa)
Rangka, Kolom dan Pelengkung	0.0024	0.0012
Balok	0.0024	N/A
Permukaan Datar	0.0019	N/A

Sumber : SNI 1725-2016 tabel 29

Gaya Angin pada kendaraan (EW_i)

Berdasarkan SNI 1725-2016 pasal 9.6.1.2 Jembatan direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan tersebut diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm.

b. Beban Gempa

Respons Spektrum Gempa (RSNI 03-2833-2016)

a) Menentukan Kelas Situs Tanah

Klasifikasi situs ditentukan untuk lapisan, didasarkan pada korelasi dengan hasil penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium. Dengan nilai SPT (N) :

$$N = \frac{\sum di}{\sum Ni}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat ditentukan nilai kelas situs tanah dengan menggunakan tabel 2 dari RSNI 03-2833-2016 berikut :

Tabel 2. 4 Kelas Situs

Kelas Situs	\bar{V}_s (m/s)	\bar{N}	\bar{S}_u (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa		

Sumber : RSNI 03-2833-2016 tabel 2

b) Menentukan nilai PGA, S_s dan S_1

Direncanakan jembatan dapat menerima *level hazard* (potensi bahaya) gempa 1000 tahun dengan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun (RSNI 03-2833-2016). Untuk peta gempa yang digunakan berdasar RSNI 03-2833-2016 tabel 1 adalah peta gempa RSNI 03-2833-2016 gambar 1, gambar 2 dan gambar 3.

Nilai-nilai F_{PGA} , F_a , dan F_v untuk berbagai klasifikasi jenis tanah dapat ditentukan melalui tabel 3 RSNI 03-2833-2016 berikut:

Tabel 2. 5 Faktor Amplifikasi untuk Periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a)

Kelas Situs	$PGA \leq 0.1$ $S_s \leq 0.25$	$PGA \leq 0.2$ $S_s \leq 0.5$	$PGA \leq 0.3$ $S_s \leq 0.75$	$PGA \leq 0.4$ $S_s \leq 1.0$	$PGA \leq 0.5$ $S_s \leq 1.25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9

Sumber : RSNI 03-2833-2016 tabel 3

Keterangan :

PGA = percepatan puncak batuan dasar mengacu pada Peta Gempa Indonesia (Gambar 1).

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode pendek ($T=0.2$ detik) mengacu pada Peta Gempa Indonesia (Gambar 2).

SS = lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik.

Tabel 2. 6 Faktor Amplifikasi untuk Periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a)

Kelas Situs	$PGA \leq 0.1$ $S_s \leq 0.25$	$PGA \leq 0.2$ $S_s \leq 0.5$	$PGA \leq 0.3$ $S_s \leq 0.75$	$PGA \leq 0.4$ $S_s \leq 1.0$	$PGA \leq 0.5$ $S_s \leq 1.25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4

Sumber : RSNI 03-2833-2016 tabel 4

Keterangan:

S_l = parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode 1 detik mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (Gambar 3).

SS = lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik

c) Menentukan Respons Spektrum Rencana

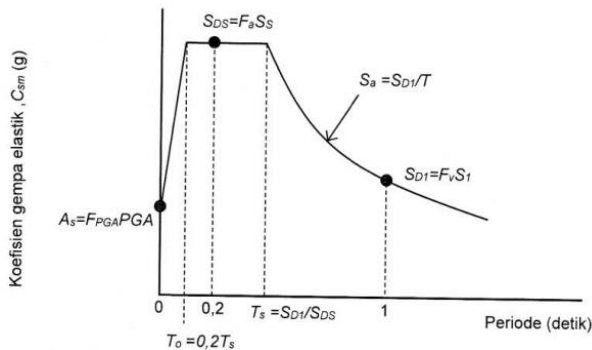
Respons spektra ditentukan dari 3 (tiga) nilai percepatan puncak yang mengacu pada peta gempa Indonesia 2016 (PGA , S_s dan S_l), serta nilai faktor amplifikasi F_{PGA} , F_a , dan F_v . Perumusan respons spektra adalah sebagai berikut :

$$A_s = F_{PGA} \cdot PGA$$

$$S_{DS} = F_a \cdot S_s$$

$$S_{D1} = F_a \cdot S_l$$

d) Menentukan Koefisien Respons Gempa Elastik



- Untuk periode lebih kecil dari T_0 , koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan :

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \cdot \frac{T}{T_0} + A_s$$

- Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 , dan lebih kecil atau sama dengan T_s , respons spektra percepatan, C_{sm} adalah sama dengan S_{DS} .
- Untuk periode lebih besar dari T_s , koefisien respons gempa elastik (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut :

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T}$$

Keterangan:

S_{DS} : nilai spektra permukaan tanah pada periode pendek ($T=0.2$ detik).

S_{D1} : nilai spektra permukaan tanah pada periode 1.0 detik.

$$T_0 = 0,2 \cdot T_s$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

2.5.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perencanaan jembatan berdasarkan SNI 1725-2016 adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 7 Kombinasi beban dan faktor beban

Keadaan Batas	MS	TT	EU	EW _s	EW _L
	MA	TD			
	PL	TB			

TP					
Kuat I	γ_p	1.80	1.00	-	-
Kuat II	γ_p	1.40	1.00	-	-
Kuat III	γ_p	-	1.00	1.40	-
Kuat IV	γ_p	-	1.00	-	-
Kuat V	γ_p	-	1.00	0.40	1.00
Ekstrem I	γ_p	γ_{EQ}	1.00	-	-
Layan I	1.00	1.00	1.00	0.30	1.00
Layan II	1.00	1.30	1.00	-	-

Keterangan :

MS = beban mati komponen struktural dan non struktural jembatan

MA = beban mati perkerasan dan utilitas

PL = gaya-gaya yang terjadi pada struktur jembatan yang disebabkan oleh proses pelaksanaan.

TT = beban truk “T”

TD = beban lajur “D”

TB = gaya akibat rem

TP = beban pejalan kaki

EW_s = beban angin pada struktur

EW_L = beban angin pada kendaraan

Keterangan Keadaan Batas :

Kuat I : Kombinasi pembebanan yang memperhitungkan gaya-gaya yang timbul pada jembatan dalam keadaan normal tanpa memperhitungkan beban angin. Pada keadaan batas ini, semua gaya nominal yang terjadi dikalikan dengan faktor beban yang sesuai.

Kuat II : Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan penggunaan jembatan untuk memikul beban kendaraan khusus yang ditentukan pemilik tanpa memperhitungkan beban angin.

Kuat III : Kombinasi pembebanan dengan jembatan dikenai beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.

Kuat IV : Kombinasi pembebanan untuk memperhitungkan kemungkinan adanya rasio beban mati dengan beban hidup yang besar.

Kuat V : Kombinasi pembebanan berkaitan dengan operasional normal jembatan dengan memperhitungkan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.

Ekstrem I : Kombinasi pembebanan gempa. Faktor beban hidup γ_{EQ} yang mempertimbangkan bekerjanya beban hidup pada saat gempa berlangsung harus ditentukan berdasarkan kepentingan jembatan.

Layan I : Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan operasional jembatan dengan semua beban mempunyai nilai nominal serta memperhitungkan adanya beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam. Kombinasi ini juga digunakan untuk mengontrol lendutan pada goronggorong baja, pelat pelapis terowongan, pipa termoplastik serta untuk mengontrol lebar retak struktur beton bertulang; dan juga untuk analisis tegangan tarik pada penampang melintang jembatan beton segmental. Kombinasi pembebanan ini juga harus digunakan untuk investigasi stabilitas lereng.

Layan II : Kombinasi pembebanan yang ditujukan untuk mencegah terjadinya pelelehan pada struktur baja dan selip pada sambungan akibat beban kendaraan.

2.6 Dasar Perencanaan Bangunan Atas

2.6.1 Perencanaan Pelat Lantai

Pelat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum t_s sesuai dengan SNI T-12-2004 :

$$t_s \geq 200 \text{ mm}$$

$$t_s \geq (100 + 40.l) \text{ mm}$$

Keterangan :

l = bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (m)
 Perencanaan tulangan plat lantai jembatan

a. Beban yang terjadi pada plat

Beban Permanen

Beban mati

Berat sendiri jembatan

$$\text{Berat pelat lantai} = t_{\text{plat}} \times \gamma_{\text{beton}} \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{MS}}$$

$$\text{Berat Compodeck} = A_{\text{perm}} \times m \times BJ \times \gamma_{\text{MS}}$$

Beban mati tambahan

$$\text{Berat aspal} = t_{\text{aspal}} \times \gamma_{\text{aspal}} \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{MT}}$$

$$\text{Berat bekisting} = \gamma_{\text{kayu}} \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{MS}}$$

$$\text{Beban hujan} = t_{\text{genangan}} \times \gamma_{\text{aspal}} \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{MT}}$$

Beban Lalu Lintas

Beban lajur “D”

Beban Terbagi Merata (BTR = q)

$$q = 9.0 \left(0.5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa (untuk } L > 30 \text{ m)}$$

Beban Garis Terpusat (BGT = p)

$$p = 49 \text{ kN/m (SNI 1725-2016)}$$

$$p_{\text{BGT}} = p \times (1 + \text{FBD}) \times \gamma_{\text{TD}}$$

Beban truk “T” = 112.5 kN (SNI 1725-2016)

$$Tu = T \times (1 + \text{FBD}) \times \gamma_{\text{TT}}$$

FBD = (SNI-03-1726 gambar 28)

Gaya rem

$$TB_1 = 25\% \times 225 \text{ kN}$$

$$TB_2 = 5\% \times [(BTR \times B \times L) + Tu] \text{ kN}$$

Diambil nilai TB terbesar

b. Penulangan lentur pada plat lantai kendaraan

Menentukan nilai momen ultimate (M_u)

Menentukan nilai momen nominal (M_n)

$$M_n = \frac{M_u}{\text{faktor reduksi } (\phi)}$$

Menentukan rasio tulangan berdasarkan SNI T-12-2004

$$dx = t - \text{decking} - \phi y - \frac{\phi x}{2}$$

$$dy = t - \text{decking} - \frac{\phi y}{2}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_b = \beta_1 \cdot \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

Setelah itu gunakan rasio tulangan yang sesuai,

Menghitung luas tulangan perlu (As) dan memilih tulangan yang diperlukan.

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \text{ pakai} \cdot b \cdot d$$

Dimana ρ pakai diambil dari nilai yang berada di tengah-tengah antara ρ_{\min} , ρ_{\max} .

Jarak antar tulangan

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}}$$

Tulangan yang dipakai :

$$A_{s_{\text{pasang}}} = \frac{b}{S_{\text{tulangan}}} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

Jadi, tulangan lentur yang dipasang sesuai dengan yang telah di hitung

Tulangan susut

$$A_s = 0,002 \times b \times dy$$

Jarak antar tulangan

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}}$$

Tulangan yang dipakai :

$$A_{Spasang} = \frac{b}{S_{tulangan}} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

c. Kontrol tebal plat rencana terhadap geser pons :

Faktor beban (Kutt) = 1,8 (SNI T-02-2005 Tabel 2)

Faktor reduksi (ϕ) = 0,7

ta = Tebal aspal

ts = Tebal plat

a = Lebar roda

b = Panjang roda

Bidang geser pons

$$U = a + (0,5 \cdot (ta \cdot ts)) + (0,5 \cdot (ta + ts))$$

$$= a + ta + ts$$

$$V = a + (0,5 \cdot (ta \cdot ts)) + (0,5 \cdot (ta + ts))$$

$$= a + ta + ts$$

Sehingga,

$$b' = (2 \cdot U) + (2 \cdot V)$$

$$= a + ta + ts$$

Kekuatan gaya geser plat lantai

$$Vu = T \times (1 + FBD) \times \gamma_{TT}$$

$$Vc = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot bw \cdot d$$

$$\phi \cdot Vc = 0,75 \cdot Vc$$

Kontrol, $Vu < \phi \cdot Vc$

2.6.2 Perencanaan Rangka Utama

Untuk merencanakan jembatan dengan bentuk dimana lantai kendaraan berada di bawah busur. Jembatan, direncanakan :

$$f = \frac{1}{6}L \leq f \leq \frac{1}{5}L$$

$$h = \frac{1}{40}L \leq h \leq \frac{1}{25}L$$

Keterangan :

f = tinggi lengkung busur

L = Panjang bentang

2.6.3 Perencanaan Rangka Balok

a. Kalsifikasi Penampang

Pada perencanaan ini sesuai dengan AISC-2016 B4 untuk mengklasifikasikan jenis penampangnya sebagai berikut :

Penampang BOX	Penampang W
Kontrol Tekan Aksial	Kontrol Tekan Aksial
$\frac{b}{t} < 1,4 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$\frac{b}{t} < 0,56 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
Kontrol Tekan Lentur	Kontrol Tekan Lentur
$\frac{b}{t} < 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ (<i>Kompak</i>)	$\frac{b}{t} < 0,38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ (<i>Kompak</i>)
$\frac{b}{t} < 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ (<i>Tidak Kompak</i>)	$\frac{b}{t} < 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ (<i>Tidak Kompak</i>)

Keterangan :

E = modulus elastisitas baja

f_y = tegangan leleh (MPa)

h = tinggi profil (mm)

b = lebar sayap (mm)

b. Analisa Komponen Struktur

Kontrol kelangsingan

Kontrol kelangsingan sesuai dengan AISC-2016 E2 sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{Lk}{r} < 200 \text{ (Tekan)}$$

$$\lambda = \frac{Lk}{r} < 300 \text{ (Tarik)}$$

Keterangan :

Lk = panjang efektif (mm)

r = radius girasi

λ = parameter kelangsingan

Kontrol Kuat Tekan Nominal

Kontrol kuat tekan nominal sesuai dengan AISC-2016 E3 sebagai berikut :

$$P_n = f_{cr} \times A_g$$

Dimana :

$\frac{L_k}{r} < 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$\frac{L_k}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
$f_{cr} = \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}}\right) \times f_y$ $f_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K \times L}{r}\right)^2}$ $f_{cr} = \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}}\right) \times f_y$	$f_{cr} = 0.8777 \times f_e$ $f_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K \times L}{r}\right)^2}$ $f_{cr} = 0.8777 \times f_e$

Syarat :

LRFD ($\phi = 0,9$)	ASD ($\Omega = 1,67$)
$P_u < \phi \cdot P_n$	$P_u < \frac{P_n}{\Omega}$

Keterangan :

L = panjang (mm)

k = faktor panjang efektif

Lk = panjang efektif (mm)

r = radius girasi

E = modulus elastisitas baja

f_y = tegangan leleh (MPa)

f_e = tegangan tekuk kritis elastis

f_{cr} = tegangan kritis

P_n = kuat tekan nominal (N)

P_u = kuat tekan ultimate (N)

c. Analisa Desain Komponen Struktur Lentur

Kontrol Kelelahan

Kontrol kelelahan sesuai dengan AISC-2016 F7 sebagai berikut :

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$$

Keterangan :

f_y = tegangan leleh (MPa)

Z_x = modulus plastis (mm^3)

P_n = Momen nominal (N)

P_u = Momen ultimate (N)

Kontrol Tekuk Torsi Lateral

Kontrol tekuk torsi lateral ini sesuai dengan AISC-2016 F sebagai berikut :

- Bentang Pendek $L \leq L_p$

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$$

- Bentang Menengah $L_p \leq L \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 \times f_y \times S_x) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$$

- Bentang Panjang $L \geq L_r$

Penampang BOX

$$M_n = 2 \times E \times C_b \frac{\sqrt{J \times A_g}}{\left(\frac{L_b}{r_y}\right)} \leq M_p$$

Penampang W

$$M_n = F_{cr} \times S_x \leq M_p$$

Dimana :

$$J_c = \frac{b \times t_f^3 + (h - t_f) \times t_w^3}{3}$$

$$r_{ts} = \frac{b f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{h \times t_w}{6 \times b_f \times t_f} \right)}}$$

$$h_0 = D - (2 \times 0,5 \times t_w)$$

$$R_A = \frac{1}{2} \cdot P_u$$

$$MA = MC$$

$$MB = M_{max}$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot M_{max}}{2,5 \cdot M_{max} + 3M_A + 4M_B + 4M_C}$$

Syarat :

LRFD ($\phi = 0,9$)	ASD ($\Omega = 1,67$)
$M_u < \phi \cdot M_n$	$M_u < \frac{M_n}{\Omega}$

Keterangan :

M_{cr} = Momen kritis terhadap tekuk torsi lateral, N.mm.

C_b = Koefisien pengali momen tekuk torsi lateral.

M_{max} = momen maksimum pada bentang yang ditinjau

M_A = momen pada 1/4 bentang tak terkekang

M_B = momen pada tengah bentang tak terkekang

M_C = momen pada 3/4 bentang tak terkekang

L = Panjang bentang antara 2 pengekang yang berdekatan, mm.

r_y = Jari-jari girasi terhadap sumbu tengah, mm.

A = Luas penampang, mm²

S_x = Modulus penampang, mm³

G = Modulus geser baja, 20000 Mpa.

J = Konstanta puntir (momen inersia puntir), mm⁴

I_w = Konstanta warping atau puntir lengkung, mm⁶.

M_n = Momen nominal (N)

M_u = Momen ultimate (N)

d. Analisa Desain Komponen Struktur Geser

Kontrol kuat geser ini sesuai dengan AISC-2016 G4 sebagai berikut :

$$C_v = 1 \text{ (AISC - 2016 G2 - 2 (1 - 71))}$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

Syarat :

LRFD ($\phi = 1$)	ASD ($\Omega = 1,5$)
$V_u < \phi \cdot V_n$	$V_u < \frac{V_n}{\Omega}$

Keterangan :

A_w = Luas Badan mm^2

C_v = Koefisien kuat penampang geser.

V_n = Kuat Geser nominal (N)

V_u = Kuat Geser ultimate (N)

e. Kontrol Lendutan Gelagar Memanjang

Kontrol lendutan berdasarkan SNI 1725-2016 pasal 6.2.2 kombinasi pembebanan yang digunakan pada perhitungan lendutan adalah kondisi layan I. Untuk evaluasi lendutan SNI 1725-2016 pasal 8.4.6.1 digunakan nilai lendutan terbesar antara beban lajur "D" atau beban satu Truk.

Batas Lendutan Ijin (RSNI T-03-2005 pasal 4.7.2)

$$\Delta = \frac{1}{800} \cdot Lb$$

Lendutan Beban Lajur "D" (TD)

$$\Delta_{TD} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{BTR} \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{q_{BGT} \cdot L^3}{E \cdot I_x}$$

Lendutan Beban Truk "T" (TT)

$$\Delta_{TT} = \frac{1}{48} \cdot \frac{P_{TT} \cdot L^3}{E \cdot I_x}$$

Syarat :

$$\Delta \text{ Terbesar} < \Delta \text{ Ijin}$$

2.6.4 Perencanaan Sambungan Rangka

a. Sambungan Baut

Pada perencanaan ini sesuai dengan AISC-2016 J3 sebagai berikut :

Kuat Rencana Baut Tipe Gesek

$$R_n = \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s$$

Syarat :

<u>LRFD ($\phi = 1$)</u>	<u>ASD ($\Omega = 1.5$)</u>
$R_u < \phi \cdot R_n$	$R_u < \frac{R_n}{\Omega}$

Keterangan :

μ = koefisien slip rata-rata

D_u = rasio dari rata-rata pratarik baut terpasang terhadap pratarik baut minimum yang disyaratkan

h_f = faktor untuk pengisi

T_b = Gaya tarik minimum (N)

n_s = Jumlah bidang geser

R_n = Kuat nominal baut (N)

R_u = Kuat ultimate baut (N)

Jarak Pemasangan Baut

Jarak Tepi

$$1,5 \cdot d_b < S_1 < (4 \cdot t_p + 100\text{mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Jarak Antar baut

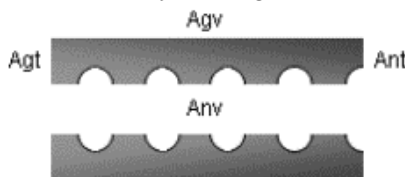
$$(2 + \frac{2}{3}) \cdot d_b < S_1 < 15 \cdot t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Keterangan :

d_b = Diameter baut (mm)

T_p = Tebal Plat (mm)

Kontrol Plat Penyambung



Agv = Luasan bruto mengalami geser (mm²)

Anv = Luasan netto mengalami geser (mm²)

A_{gt} = Luasan bruto tertarik (mm²)

A_{nt} = Luasan netto mengalami tarik (mm²)

Kontrol Kekuatan tarik nominal terfaktor (N_u)

1. Kondisi Leleh

$$R_n = A_{gt} \cdot f_y$$

Syarat :

<u>LRFD ($\phi = 1$)</u>	<u>ASD ($\Omega = 1.5$)</u>
$R_u < \phi \cdot R_n$	$R_u < \frac{R_n}{\Omega}$

2. Kondisi Fraktur / Putus

$$U = 1 - \frac{X}{L}$$

$$A_e = A_{net} \cdot U$$

$$R_n = A_e \cdot f_u$$

Syarat :

<u>LRFD ($\phi = 1$)</u>	<u>ASD ($\Omega = 1.5$)</u>
$R_u < \phi \cdot R_n$	$R_u < \frac{R_n}{\Omega}$

3. Kondisi Geser Blok

$$R_n = 0.6 \cdot f_y \cdot A_{nv} + f_u \cdot A_{gt}$$

Syarat :

<u>LRFD ($\phi = 1$)</u>	<u>ASD ($\Omega = 1.5$)</u>
$R_u < \phi \cdot R_n$	$R_u < \frac{R_n}{\Omega}$

Keterangan :

f_y = Tegangan Leleh Baja (MPa)

f_u = Tegangan Putus Baja (MPa)

R_n = Kuat nominal baut (N)

R_u = Kuat ultimate baut (N)

b. Sambungan Las

Pada perencanaan ini sesuai dengan AISC-2016 J sebagai berikut :

$$R_n = (0.707 \times a) \times 0.6 \times f_{uw}$$

Syarat :

<u>LRFD ($\phi = 1$)</u>	<u>ASD ($\Omega = 1.5$)</u>
$R_u < \phi \cdot R_n$	$R_u < \frac{R_n}{\Omega}$

Keterangan :

a = tebal rencana las (mm)

fuw = tegangan tarik putus logam las (Mpa)

R_n = Kuat nominal baut (N)

R_u = Kuat ultimate baut (N)

2.7 Dasar Perencanaan Bangunan Bawah

2.7.1 Perencanaan Penulangan Kolom Bangunan Bawah Jembatan

Syarat Penulangan Kolom Jembatan

$$0.01 < p_g < 0.06$$

a. Kontrol kekuatan Pilar jembatan

Kontrol kekuatan Pilar jembatan terhadap gaya aksial kolom sesuai dengan (SNI 03-2847-2013 Pasal 10.3.6.2) , Maka :

$$\phi P_n = 0,8 \times \phi \times (0,85 \times f'_c \times (A_g - A_{st}) + f_y \times (A_{st}))$$

Syarat :

$$\phi P_n > P_u$$

Keterangan :

A_g = Luas selimut beton (mm²)

A_{st} = Luas tulangan kolom (mm²)

f_y = Tegangan Leleh Tulangan (MPa)

f_c = Mutu beton (MPa)

b. Penulangan Pengekang Kolom

Luas penampang sengkang sesuai dengan SNI 2847 2013 sebagai berikut:

$$A_{sh1} = 0.3 \times \frac{s \times b \times c \times f'_c}{f_{yt}} \times \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right]$$

$$Ash_2 = 0.09 \times \frac{s \times bc \times fc'}{fyt}$$

$$n = \frac{Ash}{Ast}$$

Dimana :

$$100 < s < 150 \text{ (SNI 2847 2013 pasal 21.6.4.4)}$$

$$Ach = (b_w - 2 \times sb) \times (h - 2 \times s)$$

$$Ast = 0.25 \times \pi \times D$$

Pengekangan dipasang sepanjang lo sesuai SNI 2847 2013 Pasal 21.6.4.1, dimana :

$$lo > \text{penampang leleh}$$

$$lo > 1/6 l_n$$

$$lo > 450 \text{ mm}$$

c. Kontrol Penulangan Terhadap Gaya Geser

Kekuatan geser beton (V_c) untuk komponen yang terkena beban aksial sesuai SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.2, Dimana:

$$V_c = 0.17 \times \left(1 + \frac{P_u}{14 \times A_g} \right) \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times b_w \times d$$

$$V_s = \frac{As \times fy \times d}{s}$$

Syarat :

$$\phi \cdot (V_c + V_s) > V_u$$

2.7.2 Perencanaan Pondasi Bangunan Bawah Jembatan

a. Kekuatan Pondasi

Pada perencanaan struktur bangunan bawah ini menggunakan rumusann Mayeerhof sebagai berikut :

$$P_a = \frac{q_c \times A_p}{FK1} + \frac{\sum l_i f_i \times A_{st}}{FK2}$$

Dimana :

$$q_c = 40 \times N$$

$$FK1 = 2$$

$$FK2 = 5$$

Keterangan :

qc = Daya dukung ujung tiang

N = Nilai SPT pada ujung tiang

Ap = Luas permukaan ujung tiang (m²)

Ast = Luas selimut tiang (m²)

FK = Angka keamanan

b. Perhitungan kebutuhan Jumlah Tiang Pancang

$$n_p = \frac{P}{P_{all}}$$

Keterangan :

P = Daya dukung tiang

Pall = gaya aksiat yang terjadi

c. Efisiensi Kelompok Tiang Pancang

Perhitungan efisiensi ketompok tiang berdasarkan rumus Converse- Labbarre AASHTO adatah :

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn}$$

Maka Daya dukung vertikal ketompok tiang adalah:

$$= E_g \times \text{jumlah pile} \times \text{daya dukug tiang}$$

Keterangan :

Eg = efisiensi kelompok tiang

m = jumlah baris tiang

n = jumlah kolom tiang

θ = arc tg d/s, dalam derajat

s = jarak pusat ke pusat tiang

d. Beban Maksimum Tiang pada Kelompok Tiang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dipengaruhi oleh formasi tiang datam satu ketompok tiang, tiang-tiang akan mengatami gaya tekan atau tarik. Oleh karena itu tiang-tiang harus dikontrol untuk memastikan bahwa masing-masing tiang masih dapat menahan bebandari struktur atas sesuai dengan daya dukungnya, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{maks} = \frac{Pu}{m \cdot n} + \frac{My \cdot X_{max}}{ny \cdot \Sigma x^2} + \frac{Mx \cdot Y_{max}}{nx \cdot \Sigma y^2}$$

Syarat :

$$\phi P_n > P_u$$

Keterangan :

m = jumlah baris tiang

n = jumlah kolom tiang

Pu = jumlah beban vertical yang bekerja pada pusat kelompok tiang

x, y = berturut-turut jarak tiang terhadap sumbu x dan y

Mx, My = berturut-turut momen terhadap sumbu x dan y

Σx , Σy = berturut-turut eksentrisitas resultan beban searah sumbu x dan y

e. Kontrol Keruntuhan Tanah Akibat Lateral Tiang

Perencanaan daya dukung terhadap gaya lateral ini direncanakan berdasarkan metode Broms. Pada metode ini ditentukan jenis tiang pancang dengan faktor kekakuan (R), berikut :

$$R = \sqrt[4]{\frac{E_p \times I_p}{K_h \times D}}$$

Dimana :

$$E_p = 4700 \times \sqrt{f_{c'}}$$

$$I_p = \frac{1}{64} \times \pi \times D^4$$

$$C_u = 6 \times N$$

$$k_h = 67 \times \frac{C_u}{D}$$

Jenis tanah adalah lempung berlanau dengan pile terjepit pada bagian kepala (fixed head), sehingga :

$$H_u = 22 \times C_u \times d^2$$

$$H_{u_{all}} = H_u \times n_{tp} > H_x$$

Syarat :

$$\phi H_n > H_u$$

Keterangan :

d = diameter tiang pancang (m)

n_{tp} = jumlah tiang pancang

V_n = Kuat nominal tiang pancang (N)

V_u = Kuat ultimate tiang pancang (N)

2.7.3 Perencanaan Pile Cap Bangunan Bawah Jembatan

Gaya geser yang bekerja pada penampang kritis adalah :

$$V_u = \sigma \cdot L \cdot G'$$

$$\phi V_c = \phi \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d$$

Syarat :

$$V_c > V_u$$

Keterangan :

G = daerah pembebanan yang diperhitungkan (m^2)

L = panjang pondasi (m)

b = lebar pile cap (m)

d = panjang pile cap (m)

$f'c'$ = mutu Beton (MPa)

V_n = Kuat geser nominal (N)

V_u = Kuat geser ultimate (N)

Kontrol Geser Dua Arah pada Pile Cap

Gaya geser yang bekerja pada penampang adalah :

$$V_u = \sigma \cdot (L^2 - B'^2)$$

$$B' = B - 2 \cdot (0,5 \cdot d)$$

Gaya geser yang bekerja pada penampang harus memenuhi persamaan berikut dengan mengabil gaya geser (V_c) terkecil (SNI 03-2847-2013:

$$(1) V_c = 0.17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d$$

$$(2) V_c = 0.083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_0} + 2 \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d$$

$$(3) V_c = 0.33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d$$

Syarat :

$$\phi V_c > V_u$$

Keterangan :

$\lambda = 1$ (Beton Normal)

$\alpha_s = 40$ (Kolom Tengah)

$b_0 = 2 (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4 \cdot d$ (m)

β = Rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

b = lebar pile cap (m)

d = panjang pile cap (m)

$f'c'$ = mutu Beton (MPa)

V_n = Kuat geser nominal (N)

V_u = Kuat geser ultimate (N)

2.8 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Jembatan

No	Nama Pekerjaan	Detail Pekerjaan
1.	Pekerjaan Persiapan	<ul style="list-style-type: none"> • Pengukuran Menggunakan Alat (Theodolite, Waterpass, Dll.) • Pembuatan Direksi Keet • Pembuatan Jalan Kerja • Pematangan Lahan • Pembuatan Lokasi Unloading Material • Pekerjaan Mobilisasi Alat Berat, Material dan Tenaga Kerja
2.	Pekerjaan Bangunan Bawah	<ul style="list-style-type: none"> • Pekerjaan Pondasi : <ul style="list-style-type: none"> ○ Pekerjaan Pemancangan ○ Pekerjaan Penyambungan Tiang Pancang • Pekerjaan Pile Cap

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pekerjaan Pembesian ○ Pemasangan Bekisting ○ Pekerjaan Pengecoran ● Pekerjaan Pilar Jembatan <ul style="list-style-type: none"> ○ Pekerjaan Pembesian ○ Pemasangan Bekisting ○ Pekerjaan Pengecoran
3. Pekerjaan Bangunan Atas	<ul style="list-style-type: none"> ● Struktur Busur <ul style="list-style-type: none"> ○ Pemasangan Elemen Busur ○ Pekerjaan Sambungan ○ Pemasangan Hanger ● Struktur Lantai Jembatan <ul style="list-style-type: none"> ○ Pekerjaan Pemasangan Gelagar ○ Pekerjaan Sambungan ○ Pekerjaan Plat Lantai Kendaraan ○ Pekerjaan Sandaran
4. Pekerjaan Finishing	<ul style="list-style-type: none"> ● Pekerjaan Pengaspalan ● Pemasangan Marka Jalan ● Pemasangan Lampu, Dll

2.9 Pemilihan Alat Berat

1. Alat Pancang

Alat Pancang digunakan untuk menancapkan tiang pancang sampai kedalaman tanah yang direncanakan .



Gambar 2. 4 Alat Pancang

Sumber : Google

2. Crane

Crane digunakan untuk memindahkan komponen struktur yang telah dirakit ke lokasi pembangunan jembatan.



Gambar 2. 5 Crane

Sumber : Google

3. Dump Truck

Dump Truck digunakan untuk mengangkut material-material konstruksi jembatan.



Gambar 2. 6 Dump Truck

Sumber : Google

4. Concrete Pump

Concrete Pump digunakan untuk pengecoran bangunan bawah jembatan dan plat lantai.



Gambar 2. 7 Concrete Pump

Sumber : Google

5. Concrete Mixer

Concrete Mixer digunakan untuk mencampurkan bahan-bahan pembuat beton.



Gambar 2. 8 Concrete Mixer

Sumber : Google

6. Tandem Roller

Tandem Roller digunakan untuk memadatkan tanah yang akan digunakan sebagai lantai kerja.



Gambar 2. 9 Tandem Roller

Sumber : Google

7. Asphalt Finisher

Asphalt Finisher digunakan untuk menghamparkan aspal yang dihasilkan dari alat produksi aspal.



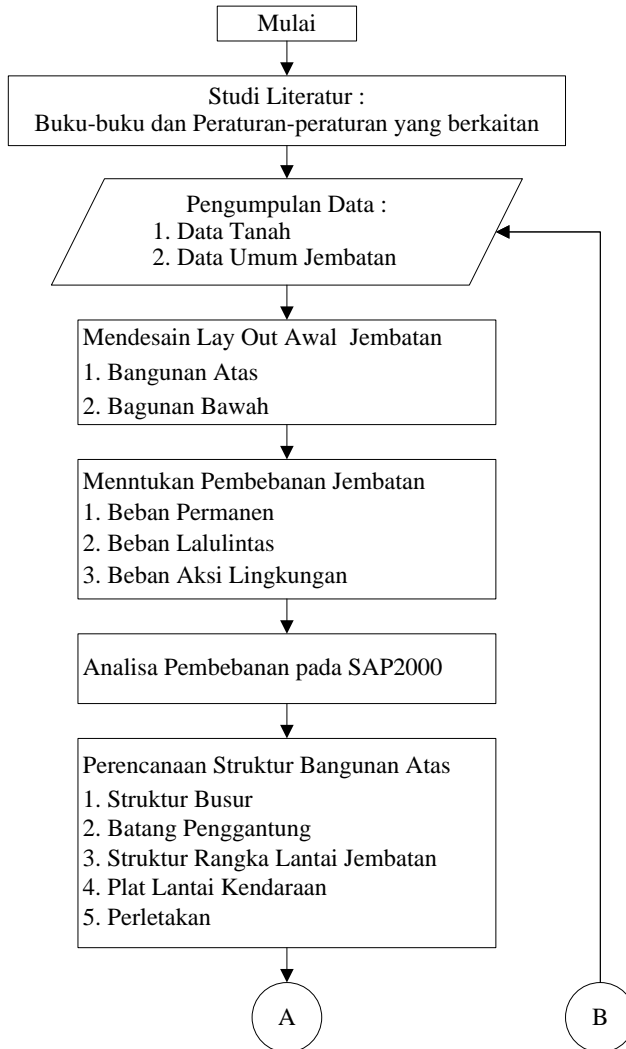
Gambar 2. 10 Asphalt Finisher

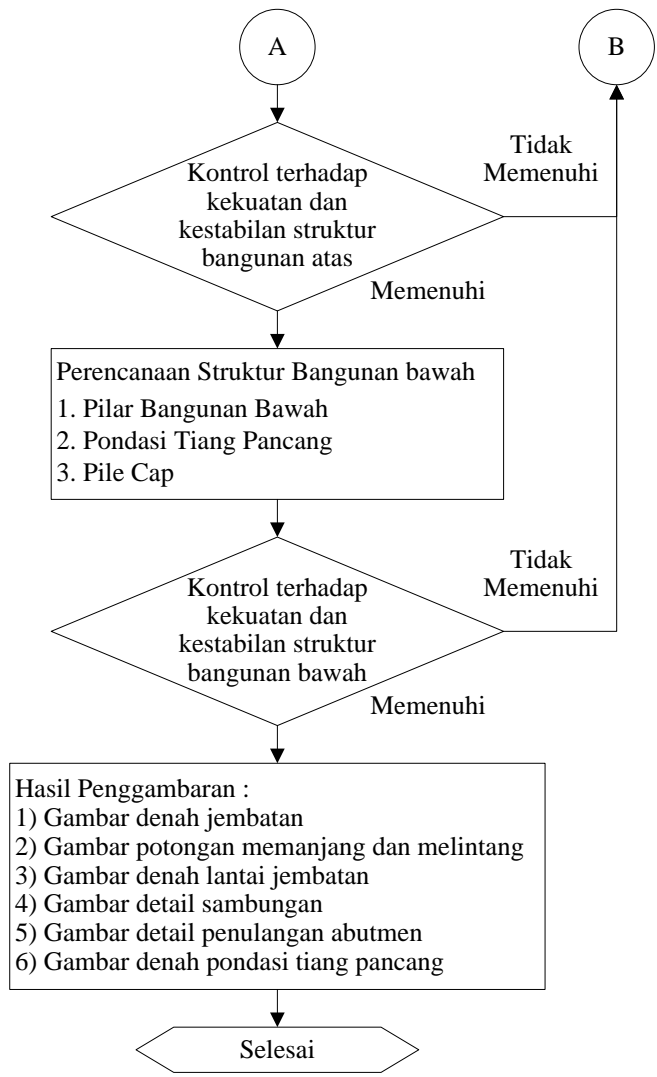
Sumber : Google

BAB 3

METODOLOGI

3.1 Diagram Alir





3.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui apa saja yang dibutuhkan untuk merencanakan suatu jembatan, dengan memperolehnya dari:

- 1) Buku-buku yang berkaitan.
- 2) Peraturan-peraturan yang berkaitan.

3.3 Pengumpulan Data

- 1) Data Primer

Tidak dilakukan pengamatan langsung ke lokasi.

- 2) Data Sekunder

Data Perencanaan yang dibutuhkan antara lain:

- Gambar jembatan eksisting, meliputi
 1. Potongan menanjang dan melintang jembatan
 2. Gambar penampang sungai
- Data tanah lokasi perencanaan

3.4 Preliminary Desain

Preliminary Desain atau Mendesain Lay Out Awal, dilakuak dengan merencanakan bagian-bagian berikut :

- Plat lantai kendaraan (SNI T-12-2004)
- Struktur Busur
- Batang penggantung
- Jenis pondasi yang digunakan

3.5 Analisa Pembebanan

Pada proses ini perencanaan jembatan ini mengacu pada SNI 1725-2016 Pembebanan Untuk Jembatan Beban-beban yang bekerja pada jembatan meliputi :

- 1) Beban Permanen

- Beban Mati (MS) = Beban Sendiri, Beban Plat Lantai, Beban SteelDeck

- Beban Mati Tambahan (MA) = Beban Aspal, Beban Air Hujan, Beban Pengaruh Pelaksanaan, Beban Bekisting
- 2) Beban Lalulintas (LL)
 - Beban lajur "D" (TD) = Beban terbagi rata (BTR), Beban Garis Terpusat (BGT)
 - Beban Truk "T" (TT)
 - Gaya Rem (TB)
- 3) Aksi Lingkungan
 - Beban Angin pada Struktur (EW_s)
 - Beban Angin pada Kendaraan (EW_2)
 - Beban Gempa

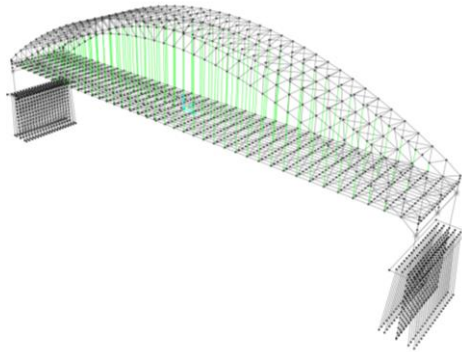
Untuk kombinasi pembebanan yang terjadi pada jembatan sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Kombinasi Pembebanan (SNI 1725-2016)

Kedadaan Batas	MS MA PL	TT TD TB TP	EW_s	EW_i
Kuat I	γ_p	1.8	-	-
Kuat II	γ_p	1.4	-	-
Kuat III	γ_p	-	1.4	-
Kuat IV	γ_p	-	-	-
Kuat V	γ_p	-	0.4	1
Ekstrem I	γ_p	γ_{EQ}	-	-
Layan I	1	1	0.3	1
Layan II	1	1.3		

3.6 Pemodelan Analisa Struktur

Pada proses ini perencanaan dibantu program SAP2000 sebagai alat bantu untuk menganalisa pembebanan yang terjadi pada jembatan



Gambar 3. 1 Pemodelan struktur Jembatan

3.7 Analisa Struktur

Dalam proses analisa struktur menggunakan perhitungan yang bersumber dari peraturan yang berlaku. Langkah-langkah dalam analisa struktur antara lain:

- 1) Menentukan Mutu beton, Mutu baja dan profil baja yang digunakan dalam perencanaan
- 2) Mendefinisikan beban yang bekerja pada struktur
- 3) Perhitungan plat lantai kendaraan dan kombinasi kestabilan plat
- 4) Mendefinisikan dimensi balok memanjang dan melintang yang akan digunakan
- 5) Mendefinisikan kombinasi pembebanan sesuai peraturan yang berlaku (SNI 1725-2016). Karena pembebanan telah dikalikan dengan faktor maka dikombinasi tidak perlu lagi dikalikan dengan faktor lagi.
- 6) Memodelkan struktur sesuai dengan gambar rencana yang telah dibuat
- 7) Menginput beban beban yang bekerja
- 8) Menjalankan proses analisa struktur
- 9) Menganalisa gaya-gaya yang bekerja

- 10) Analisa joint reaction untuk perhitungan perletakan dan desain pondasi abutment
- 11) Analisa bangunan bawah untuk mengetahui daya dukung tiang pancang kekuatan pilar dan pile cap bangunanbawah jembatan.

3.8 Kontrol Kestabilan Struktur

Setelah mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi maka perlu diadakan pengecekan terhadap kestabilan struktur dalam menahan beban-beban yang terjadi, kontrol tersebut meliputi:

- 1) Pada rangka baja:
 - Kontrol kelangsingan
 - Kontrol kekuatan batang
 - Kontrol kekuatan lentur
 - Kontrol kekuatan geser
 - Kontrol lendutan
- 2) Pada plat lantai kendaraan:
 - Kontrol tebal plat
 - Kontrol geser
 - Kontrol penulangan
- 3) Pada bangunan bawah jembatan:
 - Kontrol penulangan
 - Kontrol kekuatan struktur beton
 - Kontrol kekuatan geser
 - Kontrol kekuatan tiang pancang

3.9 Penggambaran Hasil Rencana

Penggambaran struktur jembatan berdasarkan hasil perencanaan meliputi:

- 1) Gambar denah jembatan
- 2) Gambar potongan memanjang dan melintang
- 3) Gambar denah lantai jembatan

- 4) Gambar detail sambungan
- 5) Gambar detail penulangan abutmen
- 6) Gambar denah pondasi tiang pancang

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4

PRELIMINARY DESAIN

4.1 Rencana Modifikasi Jembatan

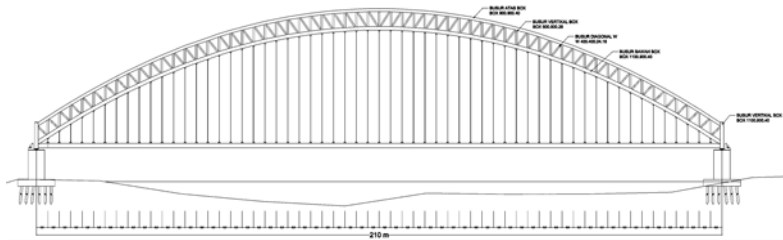
Data-data yang digunakan dalam perencanaan jembatan Tol Porong gempol ini adalah sebagai berikut:

Data Umum Jembatan

Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Jarak Antara Gelagar Memanjang	: 1.8 m
Jarak Antara Gelagar Melintang	: 3.5 m

Data Bahan

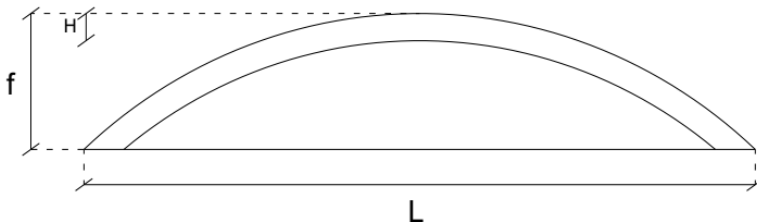
Mutu Beton (f_c')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (f_y)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (f_{ys})	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (E_c)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja BJ 55	
Tegangan Leleh (f_y)	: 410 MPa
Tegangan Putus (f_u)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C



Gambar 4. 1 Tampak samping jembatan busur

4.2 Perencanaan Dimensi Busur

Pada perencanaan jembatan Tol Porong gempol yang merupakan jembatan busur struktur utamanya terdiri dari Konstruksi busur dan batang penggantungnya. Dalam menentukan dimensi busur harus diperhatikan hal berikut:



Gambar 4. 2 Ilustrasi panjang bentang jembatan dan tinggi busur

- a. Tinggi Lengkung Busur (f)

$$\frac{1}{6}L \leq f \leq \frac{1}{5}L$$

$$35 \text{ m} \leq f < 42 \text{ m}$$

$$\text{diambil, } f = 40.5 \text{ m}$$

- b. Tinggi Tampang Busur (h)

$$\frac{1}{40}L \leq h \leq \frac{1}{25}L$$

$$5.25 \text{ m} \leq h < 8.4 \text{ m}$$

$$\text{diambil, } h = 5.5 \text{ m}$$

- c. Perencanaan Batang Penggantung (Hanger)

Panjang batang penggantung dapat dicari menggunakan rumus parabola berikut:

$$Y_n = \frac{4 \cdot f \cdot X \cdot (L - X)}{L^2}$$

f = tinggi lengkung busur (m)

L = Panjang bentang (m)

X = Jarak gelagar melintang atau Jarak penggantung (m)

X = 3,5 m

n = 61

Tabel 4. 1 Panjang Batang Penggantung

n	x (m)	Busur Bawah	Busur Atas
		Yn	Yn'
1	0	0.00	5.50
2	3.5	2.30	7.80
3	7	4.55	10.05
4	10.5	6.65	12.15
5	14	8.75	14.25
6	17.5	10.70	16.20
7	21	12.60	18.10
8	24.5	14.45	19.95
9	28	16.20	21.70
10	31.5	17.85	23.35
11	35	19.45	24.95
12	38.5	21.00	26.50
13	42	22.40	27.90
14	45.5	23.80	29.30
15	49	25.05	30.55
16	52.5	26.25	31.75
17	56	27.40	32.90
18	59.5	28.45	33.95
19	63	29.40	34.90
20	66.5	30.30	35.80
21	70	31.15	36.65
22	73.5	31.85	37.35

23	77	32.55	38.05
24	80.5	33.10	38.60
25	84	33.60	39.10
26	87.5	34.05	39.55
27	91	34.40	39.90
28	94.5	34.65	40.15
29	98	34.85	40.35
30	101.5	35.00	40.50
31	105	35.00	40.50

4.3 Perencanaan Dimensi Tebal Pelat Minimum

Dalam merencanakan plat lantai jembatan penulis menggunakan acuan berdasarkan RSNI T-12-2004 pasal 5.5.2, berikut:

$$ts \geq 200 \text{ mm}$$

$$ts \geq 100 + (40.b.1)$$

$$\geq 172 \text{ mm}$$

$$\text{diambil, } ts = 250 \text{ mm}$$

$$= 0.25 \text{ m}$$

$$ta = 0.04 \text{ m}$$

4.4 Analisa Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perencanaan jembatan tol Porong berdasarkan SNI 1725-2016 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Kombinasi Pembebanan (SNI 1725-2016)

Keadaan	MS	TT	EW_s	EW_i
Batas	MA	TD		
	PL	TB		
		TP		
Kuat I	γ_p	1.8	-	-
Kuat II	γ_p	1.4	-	-
Kuat III	γ_p	-	1.4	-
Kuat IV	γ_p	-	-	-

Kuat V	γ_p	-	0.4	1
Ekstrem I	γ_p	γ_{EQ}	-	-
Layan I	1	1	0.3	1
Layan II	1	1.3		

Tabel 4. 3 Kombinasi Pembebanan untuk beban permanen (MA/MS)

No	Nama	FBD		SNI 1725-2016	
		Daya Layan	Ultimit		
1	Baja	1	1.1	Tabel	3
2	Beton Cor Ditempat	1	1.3	Tabel	3
3	Beban Mati Tambahan (MA)	1	2	Tabel	4

Besarnya kerapatan massa dan berat isi untuk bahan Aspal, Beton dan baja berdasarkan dari SNI 1725-2016.

Tabel 4. 4 Berat Jenis Beban Mati

Berat isi untuk beban mati Berat Jenis Bahan			
Bahan	Berat isi N/m ³	SNI 1725-2016	
Aspal	22000	Tabel	2
Beton	22770	Tabel	2
Baja	78500	Tabel	2
Air	10000		

Tabel 4. 5 Spesifikasi Steeldeck

Base Metal Thickness (BMT) (mm)	Berat (kg/m ³)	Area (mm ² /mm)	Kuat (MPa)	Leleh
0.75	10.5	1259		550

4.4.1 Beban Permanen

Beban Mati (MS)

Beban Sendiri = SAP2000

$$\begin{aligned}\text{Beban Plat Lantai} &= t_s \cdot \gamma_{\text{beton}} \cdot 1\text{m} \\ &= 0.5 \times 22770 \times 1 \\ &= 5692.50 \text{ N/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban SteelDeck} &= A \cdot B_j \\ &= 1259 \times 78500 \\ &= 132.20 \text{ N/m}\end{aligned}$$

Beban Mati Tambahan (MA)

$$\begin{aligned}\text{Beban Aspal} &= t_a \cdot \gamma_{\text{aspal}} \cdot 1\text{m} \\ &= 0.05 \times 22000 \times 1 \\ &= 1100 \text{ N/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban Air Hujan} &= t_{\text{air}} \cdot \gamma_{\text{air}} \cdot 1\text{m} \\ &= 0.05 \times 1000 \times 1 \\ &= 500 \text{ N/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban Pengaruh Pelaksanaan} &= 5000.1\text{m} \\ &= 5000.1\text{m} \\ &= 5000 \text{ N/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban Bekisting} &= \gamma_{\text{kayu}} \cdot 1\text{m} \\ &= 780.1\text{m} \\ &= 780 \text{ N/m}\end{aligned}$$

4.4.2 Beban Lalulintas (LL)

Beban lajur "D" (TD)

Beban terbagi rata (BTR) (untuk $L > 30 \text{ m}$)

$$\begin{aligned}q &= 9.0 \left(0.5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa} \\ &= 9.0 \left(0.5 + \frac{15}{210} \right) \text{ kPa} \\ &= 5.143 \text{ kPa} \\ &= 5142.86 \text{ N/m}\end{aligned}$$

Beban Garis Terpusat (BGT)

$$p = 49000 \text{ N (SNI 1725-2016 pasal 8.3.1)}$$

FBD = 30% (SNI 1725-2016 gambar 28)

$$\begin{aligned} P_{BGT} &= p. (1 + FBD) \\ &= 49000 \times (1 + 0.3) \\ &= 63700 \text{ kN} \end{aligned}$$

Beban Truk "T" (TT)

T = 112.5 (SNI 1725-2016 pasal 8.4)

$$\begin{aligned} T_u &= T. (1 + FBD). \gamma_{TT} \\ &= 112.5 \times (1 + 0.3). 1.8 \\ &= 263.25 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya Rem (TB)

Berat Gandar = 225000 N

Tu Truk = 500000 N

$$\begin{aligned} TB1 &= 25\% . \text{Berat Gandar} \\ &= 56250 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} TB2 &= 5\% . (BTR + Tu \text{ Truk}) \\ &= 524885.71 \text{ N} \end{aligned}$$

TB terbesar = 524885.71 N

4.4.3 Aksi Lingkungan

a. Beban Angin pada Struktur (EW_s)

$$V_{DZ} = 2,5. V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right)$$

$V_0 = 17.6 \text{ km/jam}$ (sub-urban) (SNI 1725-2016 Tabel 28)

$V_B = 90 \text{ km/jam}$ (SNI 1725-2016 pasal 9.6.1)

$V_{10} = V_B = 90 \text{ km/jam}$ (SNI 1725-2016 pasal 9.6.1)

$Z_0 = 1000 \text{ mm}$ (daerah sub-urban) (SNI 1725-2016 Tabel 28)

$Z = \text{Elevasi struktur} + 11.6 \text{ m}$

Beban angin pada struktur

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2$$

PB (tekan) = 0.0024 MPa

PB (hisap) = 0.0012 MPa

- Busur Atas

$Z = 52.1 \text{ m}$ (Tertinggi)

Kecepatan angin rencana

$$\begin{aligned} V_{DZ} &= 2,5 \cdot V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right) \\ &= 2.5 \times 17.6 \times \left(\frac{90}{90} \right) \ln \left(\frac{52.1}{1000} \right) \\ &= 173.95 \text{ km/Jam} \end{aligned}$$

Angin Tekan

$$\begin{aligned} P_D &= P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \\ &= 0.0024 \left(\frac{173.95}{90} \right)^2 \\ &= 0.009 \text{ mPa} \end{aligned}$$

Gaya total beban angin tidak boleh diambil kurang dari 4,4 kN/mm pada bidang tekan (SNI 1725-2016 pasal 9.6.1.1)

Sehingga angin tekan pada busur atas jembatan yang direncanakan sebesar 4.4 kN/m

Angin Hisap

$$\begin{aligned} P_D &= P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \\ &= 0.0012 \left(\frac{173.95}{90} \right)^2 \\ &= 0.0045 \text{ mPa} \end{aligned}$$

Gaya total beban angin tidak boleh diambil kurang dari 2,2 kN/mm pada bidang hisap (SNI 1725-2016 pasal 9.6.1.1)

Sehingga angin hisap pada busur atas jembatan yang direncanakan sebesar 2.2 kN/mm

b. Beban Angin pada Kendaraan (EW_2)

Beban angina yang bekerja pada kendaraan sebesar 1.46 Nmm dan bekerja 1800 mm diatas permukaan jalan (SNI 1725:2016 pasal 9.6.12)

$$EW_2 = 1.46 \frac{N}{mm} \cdot 1800 \text{ mm}$$

$$= 2628 \text{ N}$$

c. Beban Gempa

Perencanaan gempa untuk jembatan ini menggunakan Spektrum Respons Gempa (RSNI 03-2833-2016)
Kelas Situs Tanah

Tabel 4. 6 Kelas Situs Tanah

Lapi -san ke i	Tebal Lapi -san (di)	Kedalaman komulatif (m)	Deskripsi Jenis Tanah	Nilai N-SPT	di /Ni
1	2	2.0	Lempung Kelanauan Sedikit Berpasir	4	0.5
2	2	4.0	Lanau kerpasiran	5	0.4
3	2	6.0	Lempung Kelanauan	2	1
4	2	8.0	Lanau kelempungan	0	0
5	2	10.0	Lanau kelempungan berpasir sedikit kerikil	2	1
6	2	12.0	Pasir kelanauan Sedikit Berkerikil	4	0.5
7	2	14.0	Pasir kelanauan Sedikit Berkerikil	4	0.5
8	2	16.0	Pasir kelanauan Sedikit Berkerikil	0	0
9	2	18.0	Pasir kelanauan Sedikit Berkerikil	3	0.667
10	2	20.0	Lempung kelanauan berpasir	6	0.333
11	2	22.0	Lempung kelanauan berpasir	7	0.286
12	2	24.0	Lempung kelanauan berpasir	18	0.111
13	2	26.0	Pasir kelanauan sedikit berkerikil	14	0.143
14	2	28.0	Pasir kelanauan sedikit berkerikil	36	0.056

15	2	30.0	Pasir kelanauan sedikit berkerikil	28	0.071
16	2	32.0	Lanau kepasiran sedikit berkerikil	39	0.051
17	2	34.0	Lanau kepasiran sedikit berkerikil	36	0.056

$$N = \frac{\sum d_i}{\sum \frac{d_i}{N_i}}$$

N = 5.992 (Tanah Lunak) (RSNI 03-2833-2016 Tabel 2)

Nilai PGA, S_s dan S₁

PGA = 0.3 (RSNI 03-2833-2016 gambar 1)

S_s = 0.6 (RSNI 03-2833-2016 gambar 2)

S₁ = 0.3 (RSNI 03-2833-2016 gambar 3)

F_{pga} or F_a = 1.2 (RSNI 03-2833-2016 Tabel 3)

F_v = 2.8 (RSNI 03-2833-2016 Tabel 4)

Respons Spektrum Rencana

$$A_s = F_{PGA} \cdot PGA$$

$$= 1.2 \times 0.3$$

$$= 0.36$$

$$S_{DS} = F_a \cdot S_s$$

$$= 1.2 \times 0.6$$

$$= 0.72$$

$$S_{D1} = F_a \cdot S_1$$

$$= 1.2 \times 0.3$$

$$= 0.84 \text{ (Zona Gempa 4) (RSNI 03-2833-2016 Tabel 5)}$$

Koefisien Respons Gempa Elastik

$$T_0 = 0,2 \cdot T_s$$

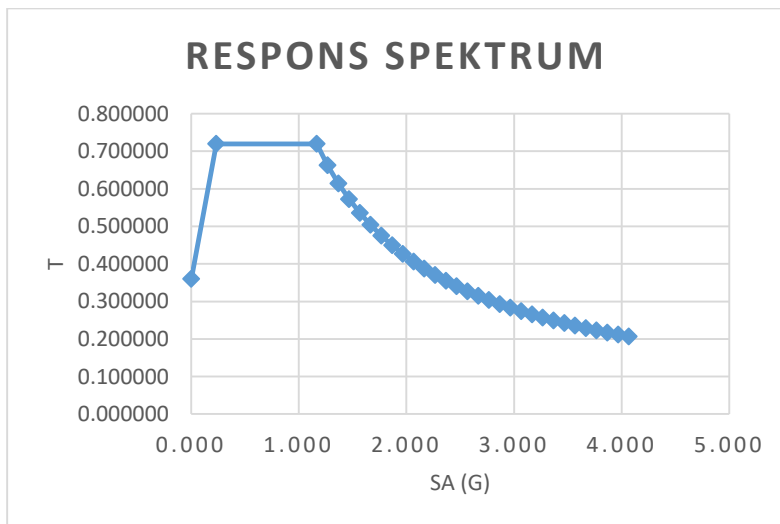
$$= 0.233$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{Ds}}$$

$$= 1.167$$

Tabel 4. 7 Nilai Respons Spektrum

		T	Sa (g)				
0		0.000	0.360000				
To		0.233	0.720000				
Ts		1.167	0.720000				
Ts+	0.1	1.267	0.663158	Ts+	1.6	2.767	0.303614
Ts+	0.2	1.367	0.614634	Ts+	1.7	2.867	0.293023
Ts+	0.3	1.467	0.572727	Ts+	1.8	2.967	0.283146
Ts+	0.4	1.567	0.536170	Ts+	1.9	3.067	0.273913
Ts+	0.5	1.667	0.504000	Ts+	2	3.167	0.265263
Ts+	0.6	1.767	0.475472	Ts+	2.1	3.267	0.257143
Ts+	0.7	1.867	0.450000	Ts+	2.2	3.367	0.249505
Ts+	0.8	1.967	0.427119	Ts+	2.3	3.467	0.242308
Ts+	0.9	2.067	0.406452	Ts+	2.4	3.567	0.235514
Ts+	1	2.167	0.387692	Ts+	2.5	3.667	0.229091
Ts+	1.1	2.267	0.370588	Ts+	2.6	3.767	0.223009
Ts+	1.2	2.367	0.354930	Ts+	2.7	3.867	0.217241
Ts+	1.3	2.467	0.340541	Ts+	2.8	3.967	0.211765
Ts+	1.4	2.567	0.327273	Ts+	2.9	4.067	0.206557
Ts+	1.5	2.667	0.315000	Ts+	1.6	2.767	0.303614



Gambar 4. 3 Grafik Respons Spektrum

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

PERENCANAAN PELAT LANTAI KENDARAAN JEMBATAN

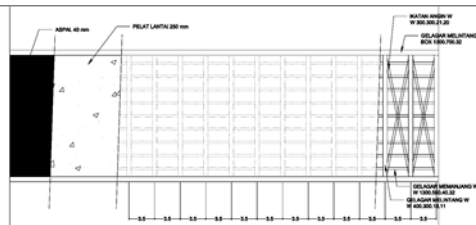
5.1. Data Perencanaan

Data-data yang digunakan dalam perencanaan jembatan Tol Porong gempol ini adalah sebagai berikut:

Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Jarak Gelagar Memanjang b_1 (Ix)	: 1.8 m
Jarak Gelagar Melintang λ (Iy)	: 3.5 m
Mutu Beton (f_c')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (f_y)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (f_{ys})	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (E_c)	: 27805.57 MPa
Decking (d)	: 0.05 m (SNI 03-2847- 2013 pasal 7.7.1)

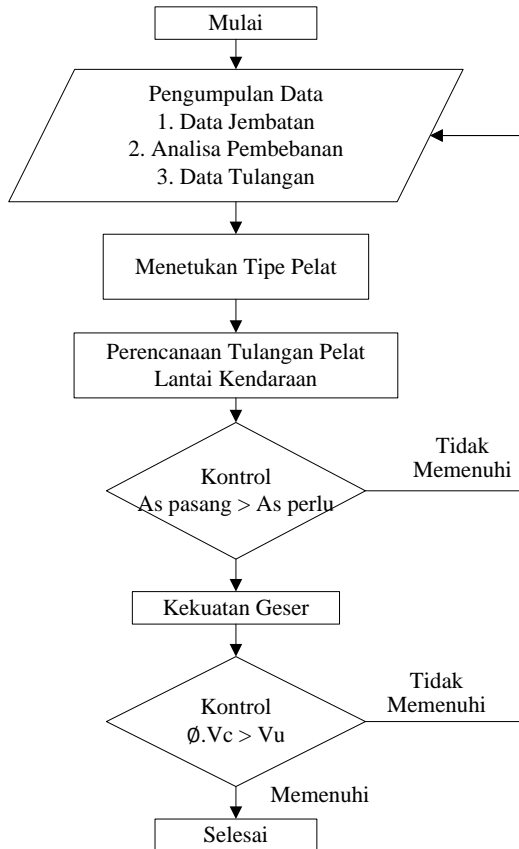
Tabel 5. 1 Spesifikasi Steeldeck

Base Metal Thickness (BMT) (mm)	Berat (kg/m ³)	Area (mm ² /mm)	Kuat Leleh (MPa)
0.75	10.5	1259	550



Gambar 5. 1 Tampak lantai jembatan

5.2. Diagram Alir Perhitungan



5.3. Perencanaan Dimensi Tebal Pelat

Perencanaan Dimensi Tebal Pelat direncanakan berdasarkan RSNI T-12-2004 pasal 5.5.2 dengan perumusan harus memenuhi 2 persyaratan di bawah ini:

$$t_s \geq 200 \text{ mm}$$

$$t_s \geq 100 + (40.b1)$$

$$\geq 100 + (40 \times 1.8)$$

$$\geq 172 \text{ mm}$$

Dari persyaratan diatas maka diambil tebal pelat, $t_s = 250$ mm. sedangkan untuk tebal lapisan aspal yang direncanakan $t_a = 40$ mm.

5.4. Pembebanan

5.4.1 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi Pembebanan yang digunakan pada perencanaan pelat lantai jembatan ini adalah Kuat 1 (SNI 1725-2016), dengan

Tabel 5. 2 Kombinasi Pembebanan Kuat 1

Kedadaan Batas	MS MA	TT	EU	EW _s
Kuat I	γ_p	1.8	-	-

Berikut adalah rekapitulasi beban yang bekerja pada lantai kendaraan berdasarkan hasil dari Preliminary desain pada bab IV yang mengacu pada SNI 1725-2016. Konfigurasi beban yang bekerja pada kondisi ini adalah berikut :

Tabel 5. 3 Beban yang Bekerja pada Lantai Jembatan (Kuat 1)

Jenis Beban	Beban Nominal		Faktor Beban	Beban Ultimit	
Beban Mati (MS)					
Berat Plat Lantai	5692.50	Nm	1.3	7400.25	Nm
Berat Steeldeck	132.20	Nm	1.1	145.4145	Nm
Beban Mati Tambahan (MA)					
Berat Aspal	1100.00	Nm	2	2200	Nm
Berat Air Hujan	500.00	Nm	2	1000	Nm
Beban Truk "T" (TT)					
Tu	146250	N	1.8	263250.00	N

Dari hasil analisa pembebanan diatas dipilih kombinasi pembebanan terbesar yaitu kombinasi pembebanan sesudah komposit

Beban total hasil kombinasi kuat 1

$$\begin{aligned}
 q_{mati} &= MS + MA \\
 &= 7545.66 + 3200.00
 \end{aligned}$$

$$= 10745.66 \text{ Nm}$$

$$T_{(u)} = q_{hidup} = 263250.00 \text{ N}$$

$$q_u = q_{mati} + q_{hidup}$$

$$= 10745.66 + 263250.00$$

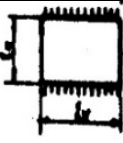
$$= 273995.66 \text{ Nm}$$

5.4.2 Analisa Momen Ultimate Pelat

Perbandingan sisi panjang dengan sisi pendek :

$$\frac{l_x}{l_y} = \frac{3.5}{1.8} = 1.94 \text{ (Pelat Dua Arah)}$$

Maka :

	$I_x/I_y = 1.9$
IVB 	$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot 42$ $M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot 10$ $M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot 84$ $M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot l_x^2 \cdot 84$

a. Momen Lapangan

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \times q_u \times l_x^2 \times 42 \\
 &= 0,001 \times 273995.66 \times 1.8^2 \times 42 \\
 &= 37285.33 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ly} &= 0,001 \times q_u \times l_x^2 \times 10 \\
 &= 0,001 \times 273995.66 \times 1.8^2 \times 10 \\
 &= 8877.46 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

b. Momen Tumpuan

$$\begin{aligned}
 M_{tx} &= -0,001 \times q_u \times l_x^2 \times 84 \\
 &= -0,001 \times 273995.66 \times 1.8^2 \times 84 \\
 &= -74570.66 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ty} &= -0,001 \times q_u \times l_x^2 \times 84 \\
 &= -0,001 \times 273995.66 \times 1.8^2 \times 84 \\
 &= -74570.66 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

c. Momen Terbesar

$$\begin{aligned} \mu_{Lapangan} &= 37285.33 \text{ Nm} \\ &= 37285330.03 \text{ Nmm} \\ \mu_{Tumpuan} &= -74570.66 \text{ Nm} \\ &= 74570660.05 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

5.5. Perencanaan Penulangan Plat Lantai Kendaraan

Pada perencanaan pelat lantai kendaraan ini akan direncanakan penulangan di daerah lapangan dan tumpuannya dengan detail perhitungan berikut :

5.5.1 Perencanaan Tulangan Lapangan

Momen rencana	$\mu = 37285330.03 \text{ Nmm}$
Mutu beton	$f_c' = 35 \text{ MPa}$
Mutu baja	$f_y = 360 \text{ MPa}$
Tebal lantai kendaraan	$t_s = 250 \text{ mm}$
Decking	$d' = 40 \text{ mm}$
Diameter tulangan Lentur	$D 16 \text{ mm (arah X)}$
Diameter tulangan Susut	$D 13 \text{ mm (arah Y)}$

Dengan mutu beton $f_c' = 35$ ($f_c' < 30 \text{ mPa}$), maka nilai β berdasarkan (RSNI T-12-2004 Pasal 5.1.1.1) :

$$\beta = 0.8 - 0.008 \cdot (f_c' - 30)$$

$$\beta = 0.8 - 0.008 \cdot (35 - 30)$$

$$\beta = 0.81$$

a. Tulangan Lentur

$$\begin{aligned} d &= t_s - \text{Tul. Lentur} - (0.5 \cdot \text{Tul. Susut}) - d' \\ &= 250 - 13 - (0.5 \times 16) - 50 \\ &= 179 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{\mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{37285330.03}{0.8 \times 1800 \times 50^2} \\ &= 0.798 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{\frac{0,85 \cdot f'_c}{360}} \\
 &= \frac{360}{0,85 \times 35} \\
 &= 12,10 \\
 p_b &= \beta \cdot \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,81 \times \frac{0,85 \times 35}{360} \times \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\
 &= 0,0418 \\
 p_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{360} \\
 &= 0,00389 \\
 p_{\max} &= 0,75 \cdot p_b \\
 &= 0,75 \times 0,0418 \\
 &= 0,031 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,10} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,10 \times 0,798}{360}} \right) \\
 &= 0,002248
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{array}{ccccc}
 \rho_{\min} & < & \rho_{\text{perlu}} & < & \rho_{\max} \\
 0,00389 & < & 0,002248 & < & 0,031
 \end{array}$$

Maka, dipakai $\min = 0,003889$

Besarnya Luas Tulangan (A_s) yang diperlukan pada pelat lantai jembatan ini adalah :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0.003889 \times 1800 \times 179$$

$$= 1253 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{\text{spasu}}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 1000}{1253} \\ &= 160.46 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan Lentur dengan jarak = 160 mm

$$\begin{aligned} A_{\text{spasu}} &= \frac{b}{S_{\text{tulangan}}} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1000}{160} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \\ &= 1256.637 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat : $A_{\text{spasu}} > A_{\text{spasu}}$

$1256.637 > 1253$ (Memenuhi)

b. Tulangan Susut

$$\begin{aligned} A_s &= 0,5 \times A_{\text{Lentur}} \\ &= 0,5 \times 1256.637 \\ &= 628.319 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan susut D 13

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{\text{spasu}}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1000}{628.319} \\ &= 211.250 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan Susut dengan jarak = 200 mm

$$\begin{aligned} A_{\text{spasu}} &= \frac{b}{S_{\text{tulangan}}} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{1800}{200} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2 \end{aligned}$$

$$= 663.661 \text{ mm}^2$$

Syarat :

As pasang > As perlu

$$663.661 > 628.319 \quad (\text{Memenuhi})$$

Maka dari hasil analisa perhitungan penulangan Lentur diatas kebutuhan penulangan pelat menggunakan diameter tulangan D 16 dengan jarak 160 dan penulangan Susut menggunakan diameter tulangan D 13 dengan jarak 200

5.5.2 Perencanaan Tulangan Tumpuan

Momen rencana $M_u = 74570660.05 \text{ Nmm}$

Mutu beton $f_c' = 35 \text{ MPa}$

Mutu baja $f_y = 360 \text{ MPa}$

Tebal lantai kendaraan $t_s = 250 \text{ mm}$

Decking $d' = 40 \text{ mm}$

Diameter tulangan Lentur D 16 mm (arah X)

Diameter tulangan Susut D 13 mm (arah Y)

Dengan mutu beton $f_c' = 35$ ($f_c' < 30 \text{ mPa}$), maka nilai β berdasarkan (RSNI T-12-2004 Pasal 5.1.1.1) :

$$\beta = 0.8 - 0.008 \cdot (f_c' - 30)$$

$$\beta = 0.8 - 0.008 \cdot (35 - 30)$$

$$\beta = 0.81$$

a. Tulangan Lentur

$$d = t_s - \text{Tul. Lentur} - (0.5 \cdot \text{Tul. Susut}) - d'$$

$$= 250 - 13 - (0.5 \times 16) - 50$$

$$= 179 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

$$= \frac{74570660.05}{0.8 \times 1800 \times 50^2}$$

$$= 1.596$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f_c'}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{360}{0.85 \times 35} \\
&= 12.10 \\
p_b &= \beta \cdot \frac{0.85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
&= 0.81 \times \frac{0.85 \times 35}{360} \times \left(\frac{600}{600 + 360} \right) \\
&= 0.0418 \\
p_{\min} &= \frac{1.4}{f_y} \\
&= \frac{1.4}{360} \\
&= 0.00389 \\
p_{\max} &= 0.75 \cdot p_b \\
&= 0.75 \times 0.0418 \\
&= 0.031 \\
\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{12.10} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.10 \times 1.596}{360}} \right) \\
&= 0.00456
\end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{array}{ccccc}
\rho_{\min} & < & \rho_{\text{perlu}} & < & \rho_{\max} \\
0.00389 & < & 0.00456 & < & 0.031
\end{array}$$

Maka, dipakai $\min = 0.00456$

Besarnya Luas Tulangan (A_s) yang diperlukan pada pelat lantai jembatan ini adalah :

$$\begin{aligned}
A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\
&= 0.00456 \times 1800 \times 179 \\
&= 1469.189 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tulangan}} &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{\text{Sperlu}}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 1000}{1253} \\
 &= 136.852 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan Lentur dengan jarak = 120 mm

$$\begin{aligned}
 A_{\text{Spasang}} &= \frac{b}{S_{\text{tulangan}}} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= \frac{1000}{120} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \\
 &= 1675.516 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat : $A_{\text{S pasang}} > A_{\text{S perlu}}$

$1675.516 > 1469.189$ (Memenuhi)

b. Tulangan Susut

$$\begin{aligned}
 A_{\text{S}} &= 0,5 \times A_{\text{S}_{\text{Lentur}}} \\
 &= 0,5 \times 1675.516 \\
 &= 837.758 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan susut D 13

$$\begin{aligned}
 S_{\text{tulangan}} &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{\text{Sperlu}}} \\
 &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2 \cdot 1000}{837.758} \\
 &= 158.438 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan Susut dengan jarak = 140 mm

$$\begin{aligned}
 A_{\text{Spasang}} &= \frac{b}{S_{\text{tulangan}}} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= \frac{1800}{140} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2 \\
 &= 948.088 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

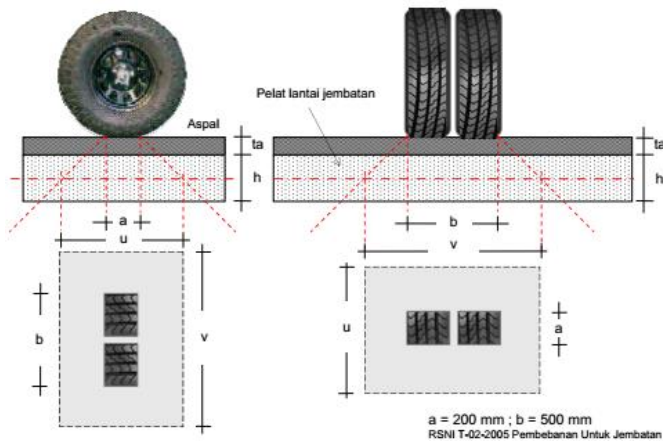
Syarat :

As pasang > As perlu

948.088 > 837.758 (Memenuhi)

Maka dari hasil analisa perhitungan penulangan Lentur diatas kebutuhan penulangan pelat menggunakan diameter tulangan D 16 dengan jarak 120 dan penulangan Susut menggunakan diameter tulangan D 13 dengan jarak 140

5.5.3 Kontrol Terhadap Geser



Gambar 5. 2 Penyebaran beban akibat roda kendaraan

$a = 200 \text{ mm}$ (Lebar Roda)

$b = 500 \text{ mm}$ (Panjang Roda)

$ts = h = 250 \text{ mm}$

$ta = 50 \text{ mm}$

$d = ts - d' = 200 \text{ mm}$

$u = a + 2ta + ts$

$= 500 \text{ mm}$

$v = b + 2ta + ts$

$= 800 \text{ mm}$

$b' = (2, U) + (2, V)$

$= 2600 \text{ mm}$

$A_{pons} = b' \cdot d$

$$= 520000 \text{ mm}^2$$

Kekuatan gaya geser plat lantai

$$\begin{aligned} V_u &= T \times (1 + \text{FBD}) \times \gamma_{TT} \\ &= 1.125 \times (1 + 0.3) \times 1.8 \\ &= 263.25 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \cdot b' \cdot d \\ &= \frac{\sqrt{35}}{6} \times 2600 \times 200 \\ &= 512727 \text{ N} \\ &= 512.727 \text{ kN} \end{aligned}$$

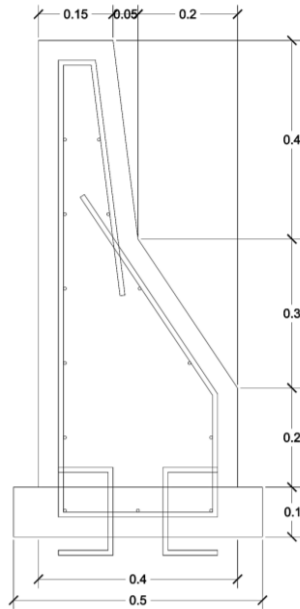
$$\emptyset \cdot V_c > V_u$$

$$512.727 > 263.25 \text{ (Memenuhi)}$$

Dari hasil analisa perhitungan diatas, maka Pelat lantai aman terhadap geser.

5.6. Perencanaan Sandaran

Perencanaan sandaran jembatan direncanakan berdasarkan Standar Spesifikasi Bangunan Pengaman Tepi Jalan (Direktorat Jenderal Bina Marga) dengan dimensi sebagai berikut :



Gambar 5. 3 Dimensi sandaran dari beton (parapet)
Mutu beton yang digunakan pada perencanaan parapet $f_c' 35 \text{ Mpa}$.
Dengan tulangan lentur D10-20 dan tulangan Susut D6-15.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 6

PERENCANAAN KOMPONEN STRUKTUR LANTAI JEMBATAN

6.1 Data Perencanaan

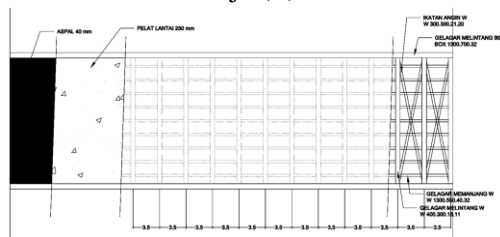
Data-data yang digunakan dalam perencanaan jembatan Tol Porong-Gempol ini adalah sebagai berikut:

Data Umum Jembatan

Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m
Tebal Aspal (ta) rencana	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Jarak Antara Gelagar Memanjang	: 1.8 m
Jarak Antara Gelagar Melintang	: 3.5 m

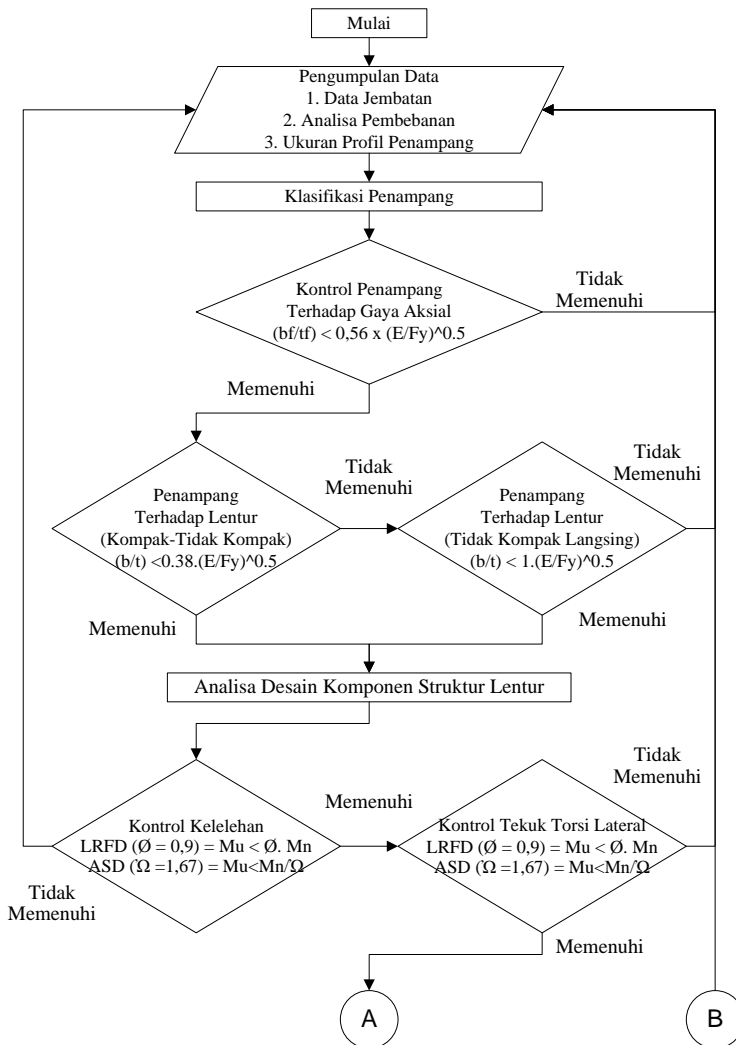
Data Bahan

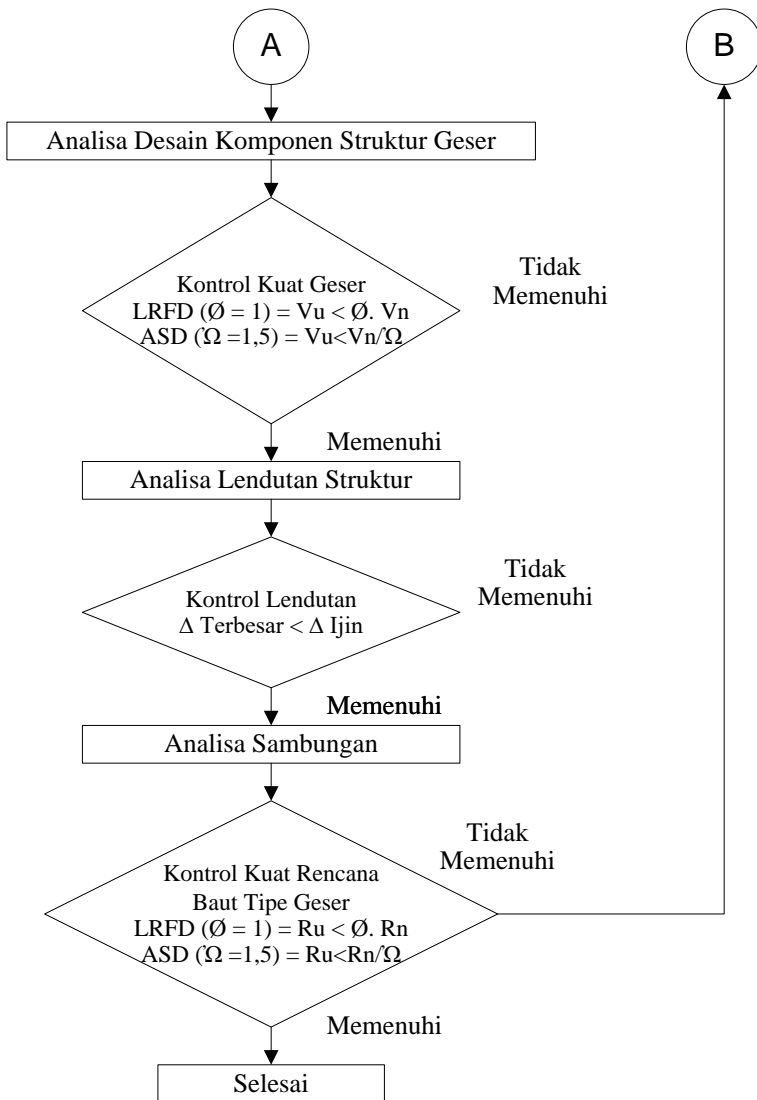
Mutu Profil Baja	BJ 55
Tegangan Leleh (f_y)	: 410 MPa
Tegangan Putus (f_u)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa



Gambar 6. 1 Detail Lantai Jembatan

6.2 Diagram Alir Perhitungan





6.3 Perencanaan Gelagar Memanjang

6.3.1 Pembebanan Gelagar Memanjang

Kombinasi Pembebanan yang digunakan pada perencanaan lantai jembatan ini adalah Kuat 1 (SNI 1725-2016)

Tabel 6. 1 Kombinasi Pembebanan Kuat 1

Kedadaan Batas	MS MA	TT	EU	EW _s
Kuat I	γ_p	1.8	-	-

Pembebanan Pada Gelagar Memanjang Jembatan terdapat 2 kondisi perencanaan, yaitu :

1. Kondisi sebelum Komposit kondisi dimana pelat lantai kendaraan beton belum mengeras, beban sepenuhnya dipikul gelagar baja. Pada kondisi ini terdapat tambahan berupa beban pelaksanaan pengecoran di lapangan.
2. Kondisi sesudah Komposit kondisi dimana pelat lantai kendaraan beton sudah mengeras dan dapat dilalui kendaraan. Pada kondisi ini beban pelaksanaan pengecoran di lapangan sudah digantikan oleh beban kendaraan/Beban Truk "T".

Berikut adalah rekapitulasi beban yang bekerja pada lantai kendaraan berdasarkan hasil dari Preliminary desain pada bab IV yang mengacu pada SNI 1725-2016.

a. Kombinasi Pembebanan sebelum Komposit

Tabel 6. 2 Beban yang Bekerja pada Gelagar Memanjang
Sebelum Komposit (Kuat 1)

Jenis Beban	Beban Nominal		Faktor Beban	Beban Ultimit	
Beban Mati (MS)					
Berat Plat Lantai	10246.50	Nm	1.3	13320.45	Nm
Berat Steeldeck	237.95	Nm	1.1	261.75	Nm
Gelagar Memanjang 400.300.18.11	1452.33	Nm	1.1	1597.56	Nm
Beban Pelaksanaan (PL)					
Beban Pengaruh Pelaksanaan	9000	N	1	9000	N

Berat Bekisting	780	Nm	1.4	1092	Nm
-----------------	-----	----	-----	------	----

b. Kombinasi Pembebanan sesudah Komposit

Tabel 6. 3 Beban yang Bekerja pada Gelagar Memanjang
Sesudah Komposit (Kuat 1)

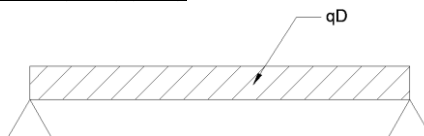
Jenis Beban	Beban Nominal		Faktor Beban	Beban Ultimit	
Beban Mati (MS)					
Berat Plat Lantai	10246.50	Nm	1.3	13320.45	Nm
Berat Steeldeck	237.95	Nm	1.1	261.75	Nm
Gelagar Memanjang 400.300.18.11	1452.33	Nm	1.1	1597.56	Nm
Beban Mati Tambahan (MA)					
Berat Aspal	1980	Nm	2	3960	Nm
Berat Air Hujan	900	Nm	2	1800	Nm
Beban lajur "D" (TD)					
q BTR	9257.14	Nm	1.8	16662.86	Nm
p BGT	63700.00	N	1.8	114660.00	N
Beban Truk "T" (TT)					
Tu	146250	N	1.8	263250.00	N

Dari hasil analisa pembebanan diatas dipilih kombinasi pembebanan terbesar yaitu kombinasi pembebanan sesudah komposit sehingga :

LRFD	ASD
Beban Permanen (MA)(MS)	Beban Permanen (MA)(MS)
$q_{DL} = 20939.76 \text{ N/m}$	$q_{DL} = 14816.78 \text{ N/m}$
$q_{BTR} = 16662.86 \text{ N/m}$	$q_{BTR} = 9257.14 \text{ N/m}$
$q_{BGT} = 114660.00 \text{ N/m}$	$q_{BGT} = 63700.00 \text{ N/m}$
$T_{uL} = 263250.00 \text{ N/m}$	$T_{uL} = 146250 \text{ N/m}$

c. Analisa Beban

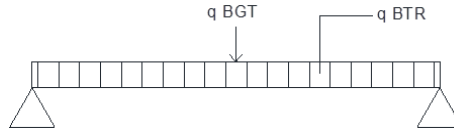
Beban Permanen (MA)(MS)



Gambar 6. 2 Beban Permanen (MA)(MS) Gelagar

<u>LRFD</u>	<u>ASD</u>
$Vu_{DL} = \frac{1}{2} \cdot q_{DL} \cdot L$	$Vu_{DL} = \frac{1}{2} \cdot q_{DL} \cdot L$
$= 36644.574 \text{ N}$	$= 25929.363 \text{ N}$
$Mu_{DL} = \frac{1}{8} \cdot q_{DL} \cdot l^2$	$Mu_{DL} = \frac{1}{8} \cdot q_{DL} \cdot l^2$
$= 32064.002 \text{ Nm}$	$= 22688.193 \text{ Nm}$

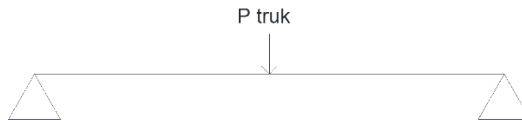
Beban Lajur "D" (TD)



Gambar 6. 3 Beban Lajur "D" (TD)_Gelagar

<u>LRFD</u>	<u>ASD</u>
$Vu_{TD} = \frac{1}{2} \cdot q_{BTR} \cdot L + \frac{1}{2} \cdot P_{BGT}$	$Vu_{TD} = \frac{1}{2} \cdot q_{BTR} \cdot L + \frac{1}{2} \cdot P_{BGT}$
$= 86490.00 \text{ N}$	$= 48050.00 \text{ N}$
$Mu_{TD} = \frac{1}{8} \cdot q_{BTR} \cdot l^2 + \frac{1}{4} \cdot P_{BGT} \cdot L$	$Mu_{TD} = \frac{1}{8} \cdot q_{BTR} \cdot l^2 + \frac{1}{4} \cdot P_{BGT} \cdot L$
$= 125842.50 \text{ Nm}$	$= 69912.50 \text{ Nm}$

Beban Truk "T" (TT)



Gambar 6. 4 Beban Truk "T" (TT) Gelagar

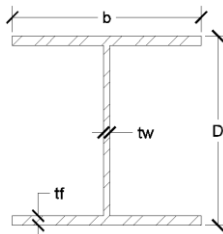
<u>LRFD</u>	<u>ASD</u>
$Vu_{TT} = \frac{1}{2} \cdot Tu$	$Vu_{TT} = \frac{1}{2} \cdot Tu$
$= 131625.00 \text{ N}$	$= 73125.00 \text{ N}$
$Mu_{TT} = \frac{1}{4} \cdot q_{TT} \cdot L$	$Mu_{TT} = \frac{1}{4} \cdot q_{TT} \cdot L$
$= 230343.75 \text{ Nm}$	$= 127968.75 \text{ Nm}$

Kombinasi Momen Ultimate (Kuat 1)

<u>LRFD</u>	<u>ASD</u>
$V_u = V_{u_{DL}} + V_{u_{LL(max)}}$ $= 168269.574 \text{ N}$	$V_u = V_{u_{DL}} + V_{u_{LL(max)}}$ $= 99054.363 \text{ N}$
M_u $= M_{u_{DL}} + M_{u_{LL(max)}}$ $= 492751.502 \text{ Nm}$	M_u $= M_{u_{DL}} + M_{u_{LL(max)}}$ $= 278625.693 \text{ Nm}$

6.3.2 Detail Profil W 400.300.18.11

Struktur direncanakan memakai profil W dengan dimensi 400.300.18.11 dengan data profil sebagai berikut :



Gambar 6. 5 Profil Gelagar Memanjang

D =	400 mm	I _x =	47097.0 cm ⁴
b =	300 mm	I _y =	8158.3 cm ⁴
tf =	18 mm	i _x =	17.4 cm
tw =	11 mm	i _y =	7.3 cm
r =	28 mm	S _x =	2354.9 cm ³
A =	154.77 cm ²	S _y =	543.9 cm ³
W =	121.49 kg/m	Z _x =	2558.9 cm ³
		Z _y =	828.7 cm ³

6.3.3 Klasifikasi Penampang

a. Kontrol Penampang Terhadap Gaya Aksial

$$\frac{b_f}{t_f} < 0.56 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{400}{18} < 0.56 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$8.33 < 12.37 \text{ (Memenuhi)}$$

b. Penampang Terhadap Lentur

$$\frac{h}{tw} < 0.38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{300}{13} < 0.38 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$8.33 < 8.39 \text{ (Kompak)}$$

Maka, Penampang Kompak $M_n = M_p$

Dikarenakan penampang kompak maka tidak dilakukan Kontrol Tekuk Lokal Badan dikarenakan sesuai AISC-2016 F7 keadaan batas dari tekuk lokal sayap dan tekuk lokal badan tidak diterapkan.

6.3.4 Analisa Desain Komponen Struktur Lentur

a. Kontrol Kelelahan

Kontrol kelelahan sesuai dengan AISC-2016 F2 dikarenakan penampang berbentuk W, sehingga kontrol kelelahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \cdot f_y \\ &= (2558.9 \times 1000) \times 410 \\ &= 1049139.16 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

LRFD ($\phi = 0,9$)	ASD ($\Omega = 1,67$)
$M_u < \phi \cdot M_n$	$M_u < \frac{M_n}{\Omega}$
$M_u < 0,9 \times 1049139.16$	$M_u < \frac{1049139.16}{1,67}$
$492351.66 < 944225.24$	$278262.20 < 628227.04$
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil W 400.300.18.11 dapat menahan gaya geser yang terjadi pada Ikatan Angin Rangka Busur

b. Kontrol Tekuk Torsi Lateral

Kontrol tekuk torsi lateral ini sesuai dengan AISC-2016 F2 dikarenakan penampang berbentuk W, sehingga kontrol tekuk torsi lateralnya sebagai berikut :

Jarak Antara Gelagar Memanjang = 3500 mm

Pada gelagar menajang di beri pengaku lateral dengan jarak masing-masing antar pengaku lateral $L_b = 700$ mm

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 6,77 \times \sqrt{\frac{200000}{410}} \\ &= 2822,23 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$L_r = 1,95 \times r_{ts} \times \frac{E}{0,7 \times f_y} \times \sqrt{\frac{J_c}{S_x \times h_0} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x \times h_0}\right)^2 + 6,76 \times \left(\frac{0,7 \times f_y}{E}\right)^2}}$$

Dimana :

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \times \left(1 + \frac{1}{6} \times \frac{h \times t_w}{b_f \times t_f}\right)}} = 81,26 \text{ mm}$$

$$J_c = \frac{b \times t_f^3 + (h - t_f) \times t_w^3}{3} = 1335880,667 \text{ mm}^4$$

$$h_0 = D - (2 \times 0,5 \times t_w) = 389,00 \text{ mm}$$

Maka :

$$L_r = 1,95 \times r_{ts} \times \frac{E}{0,7 \times f_y} \times \sqrt{\frac{J_c}{S_x \times h_0} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x \times h_0}\right)^2 + 6,76 \times \left(\frac{0,7 \times f_y}{E}\right)^2}}$$

$$= 1,95 \times 81.26 \times \frac{200000}{0,7 \times 410} \times \sqrt{\frac{1335880.667}{2354.9 \times 1000 \times 389}} + \sqrt{\left(\frac{1335880.667}{2354.9 \times 1000 \times 389}\right)^2 + 6.76 \times \left(\frac{0,7 \times 410}{200000}\right)^2}$$

$$= 6907.84 \text{ mm}$$

$$L_p < L_b < L_r$$

$$2822.23 > 700 < 6907.84$$

Maka, termasuk dalam Bentang Pendek $L_p \geq L$

Dikarenakan termasuk dalam Bentang Pendek $L_p \geq L$ maka tidak dilakukan Kontrol Tekuk Torsi Lateral sesuai AISC-2016 F2-4a keadaan batas dari tekuk torsi-lateral tidak digunakan.

6.3.5 Analisa Desain Komponen Struktur Geser

Kontrol kuat geser ini sesuai dengan AISC-2016 G2 dikarenakan penampang berbentuk W, sehingga kontrol kuat gesernya sebagai berikut :

$$A_w = D \cdot t_w$$

$$= 400 \times 11$$

$$= 4400.00 \text{ mm}^2$$

$$C_v = 1 \text{ (AISC - 2016 G2 - 2 (1 - 71))}$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 410 \times 4400 \times 1$$

$$= 1082400.00 \text{ N}$$

LRFD ($\phi = 1$)	ASD ($\Omega = 1,5$)
$V_u < \phi \cdot V_n$	$V_u < \frac{V_n}{\Omega}$
$V_u < 1 \times 1082400.00$	$V_u < \frac{1082400.00}{1,5}$
167812.61 < 1082400.00	98638.94 < 721600.00
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil W 400.300.18.11 dapat menahan gaya geser yang terjadi pada Ikatan Angin Rangka Busur

6.3.6 Kontrol Lendutan Gelagar Memanjang

Kontrol lendutan berdasarkan SNI 1725-2016 pasal 6.2.2 kombinasi pembebanan yang digunakan pada perhitungan lendutan adalah kondisi layan I berikut :

Tabel 6. 4 Kombinasi Pembebanan Layan 1

Keadaan Batas	MS MA	TT TD
Layan I	1	1

Untuk evaluasi lendutan SNI 1725-2016 pasal 8.4.6.1 digunakan nilai lendutan terbesar antara beban lajur "D" atau beban satu Truk. Untuk besaran beban yang bekerja sesuai dengan hasil preliminary di bab IV sebagai berikut:

Tabel 6. 5 Beban yang Bekerja pada Gelagar (Layan 1)

Jenis Beban	Beban Nominal	Faktor Beban	Beban Ultimit
Beban lajur "D" (TD)			
q BTR	9.257 kNm	1	9.257 kNm
p BGT	63.700 kN	1	63.700 kN
Beban Truk "T" (TT)			
Tu	146.25 kN	1	146.25 kN

Pada kontrol lendutan inintuk batas lendutannya sebagai berikut :

- a. Batas Lendutan Ijin (RSNI T-03-2005 pasal 4.7.2)

$$\Delta = \frac{1}{800} \cdot Lb$$

$$\Delta = \frac{1}{800} \cdot 3500$$

$$= 4.375 \text{ mm}$$

- b. Lendutan Beban Lajur "D" (TD)

$$\Delta_{TD} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{BTR} \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{q_{BGT} \cdot L^3}{E \cdot I_x}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{9.257 \times 3500^4}{200000 \times 47097.02 \times 10^4}$$

$$+ \frac{1}{48} \cdot \frac{63.7 \times 3500^3}{200000 \times 47097.02 \times 10^4}$$

$$= 0.1926 \text{ mm}$$

c. Lendutan Beban Truk "T" (TT)

$$\begin{aligned}\Delta_{TT} &= \frac{1}{48} \cdot \frac{P_{TT} \cdot L^3}{E \cdot I_x} \\ &= \frac{1}{48} \times \frac{146.25 \times 3500^3}{200000 \times 47097.02 \times 10^4} \\ &= 0.00139 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat :

$$\Delta \text{ Terbesar} < \Delta \text{ Ijin}$$

$$0.1926 \text{ mm} < 4.375 \text{ mm (Memenuhi)}$$

6.3.7 Sambungan Gelagar Memanjang

a. Data Perencanaan

Profil Gelagar Memanjang = W 400.300.18.11

Profil Gelagar Melintang = W 1300.550.28.13

D baut (M20) db = 22

D lubang = 24

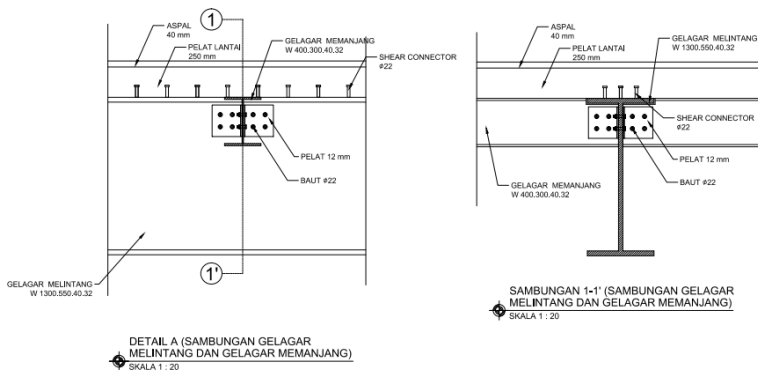
Gaya tarik minimum (Tb) = 221000 N

Bidang Geser ns = 2

Koefisien gesek μ = 0.5 (permukaan B)

hf = 1

Du = 1.13 (AISC-2016 J3-8)



Gambar 6. 6 Detail Sambungan Gelagar Memanjang

b. Kuat Rencana Baut Tipe Gesek

$$\begin{aligned}
 Rn &= \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s \\
 &= 0.5 \times 1.13 \times 1 \times 210000 \times 2 \\
 &= 249730. N
 \end{aligned}$$

Jumlah Baut

LRFD ($\phi = 1$)	ASD ($\Omega = 1.5$)
$R_u = 167812.61 \text{ Nm}$	$R_u = 98638.94 \text{ Nm}$
Jumlah Baut :	Jumlah Baut :
$n = \frac{R_u}{\phi \cdot R_n}$	$n = \frac{R_u}{\left(\frac{R_n}{\Omega}\right)}$
$= \frac{167812.61}{249730}$	$= \frac{98638.94}{166486.67}$
$= 0.67 = 1 \text{ buah}$	$= 0.59 = 1 \text{ buah}$

Jadi Digunakan Baut M20 dengan minimal sejumlah 1 buah

c. Jarak Pemasangan Baut

Jarak Tepi $S_1 = 60$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat} &= 1.5 \cdot d_b < S_1 < (4 \cdot t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 33 &< 60 < 148 \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jarak Antar baut $S = 80$

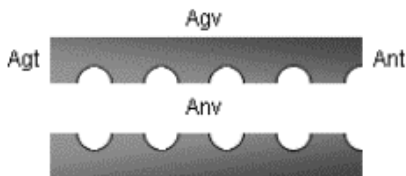
$$\begin{aligned}
 \text{Syarat} &= \left(2 + \frac{2}{3}\right) \cdot d_b < S_1 < 15 \cdot t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 58.7 &< 80 < 180 \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

d. Kontrol Plat Penyambung

Dipakai profil L 200.200 15

Tebal Plat = 10 mm

BJ 50 $f_y = 290$ $f_u = 500$



Gambar 6. 7 Luasan Plat terkena Geser dan Tarik

Agv = Luasan bruto mengalami geser (mm^2)

$$= 2 \times 200 \times 15 = 6000 \text{ mm}^2$$

Anv = Luasan netto mengalami geser (mm^2)

$$= 6000 - (1.5 \times 24) \times 15 = 5820 \text{ mm}^2$$

Agt = Luasan bruto tertarik (mm^2)

$$= 2 \times 60 \times 15 = 2400 \text{ mm}^2$$

Ant = Luasan netto mengalami tarik (mm^2)

$$= 2400 - 24 \times 2 \times 0.5 = 2376 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kekuatan tarik nominal terfaktor (N_u)

1. Kondisi Leleh

LRFD ($\phi = 0.9$)	ASD ($\Omega = 1.67$)
$R_u = 167812.61 \text{ Nm}$	$R_u = 98638.94 \text{ Nm}$
$R_u < \phi \cdot R_n$	$R_u < \frac{R_n}{\Omega}$
$R_u < \phi \cdot A_g \cdot f_y$	$R_u < \frac{A_g \cdot f_y}{\Omega}$
$167812.61 < 783000$	$98638.94 < 520958.08$
(Memenuhi)	(Memenuhi)

2. Kondisi Fraktur / Putus

$$A_{net} = 6000 \times 1 - 1.5 \times 24 \times 15 = 5460 \text{ mm}$$

$$U = 1 - \frac{x}{L} = 0.96 \text{ mm}$$

$$A_e = A_{net} \cdot U = 5460 \times 0.95 = 5167.5 \text{ mm}$$

LRFD ($\phi = 0.75$)	ASD ($\Omega = 2$)
$R_u = 167812.61 \text{ Nm}$	$R_u = 98638.94 \text{ Nm}$
$R_u < \phi \cdot R_n$	$R_u < \frac{R_n}{\Omega}$
$R_u < \phi \cdot A_e \cdot f_u$	$R_u < \frac{A_e \cdot f_u}{\Omega}$
167812.61	$98638.94 < 1291875$
< 1937812.50	(Memenuhi)
(Memenuhi)	

3. Kondisi Geser Blok

$$u.Ant <> 0,6.fu.Anv$$

$$787000 < 1041000$$

Maka termasuk kondisi Geser fraktur dengan tarik leleh ($fu.Ant < 0,6.fu.Anv$) maka :

LRFD ($\phi = 0.75$)

$$Ru = 167812.61 Nm$$

$$Ru < \phi.Rn$$

$$Ru < \phi.(0.6.fy.Anv + fu.Agt)$$

$$167812.61 < 1244632.50 \text{ (Memenuhi)}$$

ASD ($\Omega = 2$)

$$Ru = 98638.94 Nm$$

$$Ru < \frac{Rn}{\Omega}$$

$$Ru < \frac{(0.6.fy.Anv + fu.Agt)}{\Omega}$$

$$98638.94 < 829755.00 \text{ (Memenuhi)}$$

6.4 Perencanaan Gelagar Melintang

6.4.1 Pembebanan Gelagar Melintang

Kombinasi Pembebanan yang digunakan pada perencanaan lantai jembatan ini adalah Kuat 1 (SNI 1725-2016)

Tabel 6. 6 Kombinasi Pembebanan Kuat 1

Kedadaan Batas	MS MA	TT	EU	EW _s
Kuat I	γ_p	1.8	-	-

Pembebanan Pada Gelagar Memanjang Jembatan terdapat 2 kondisi perencanaan,yaitu :

1. Kondisi sebelum Komposit kondisi dimana pelat lantai kendaraan beton belum mengeras, beban sepenuhnya dipikul gelagar baja. Pada kondisi ini terdapat tambahan berupa beban pelaksanaan pengecoran di lapangan.

2. Kondisi sesudah Komposit kondisi dimana pelat lantai kendaraan beton sudah mengeras dan dapat dilalui kendaraan. Pada kondisi ini beban pelaksanaan pengecoran di lapangan sudah digantikan oleh beban kendaraan/Beban Truk “T”.

Berikut adalah rekapitulasi beban yang bekerja pada lantai kendaraan berdasarkan hasil dari Preliminary desain pada bab IV yang mengacu pada SNI 1725-2016.

a. Kombinasi Pembebanan sebelum Komposit

Tabel 6. 7 Beban yang Bekerja pada Gelagar Melintang Sebelum Komposit (Kuat 1)

Jenis Beban	Beban Nominal		Faktor Beban	Beban Ultimit	
Beban Mati (MS)					
Berat Plat Lantai	19923.75	Nm	1.3	25900.88	Nm
Berat Steeldeck	462.68	Nm	1.1	508.95	Nm
Gelagar Memanjang 400.300.18.11	1214.94	Nm	1.1	1336.44	Nm
Gelagar Melintang 1300.550.40.32	6571.47	Nm	1.1	7228.62	Nm
Beban Pelaksanaan (PL)					
Beban Pengaruh Pelaksaan	9000	N	1	9000	N
Berat Bekisting	780	Nm	1.4	1092	Nm

b. Kombinasi Pembebanan sesudah Komposit

Tabel 6. 8 Beban yang Bekerja pada Gelagar Melintang Sesudah Komposit (Kuat 1)

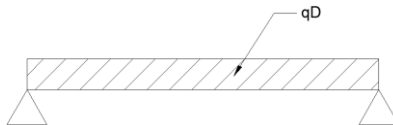
Jenis Beban	Beban Nominal		Faktor Beban	Beban Ultimit	
Beban Mati (MS)					
Berat Plat Lantai	19923.75	Nm	1.3	25900.88	Nm
Berat Steeldeck	462.68	Nm	1.1	508.95	Nm
Gelagar Memanjang 400.300.18.11	1214.94	Nm	1.1	1336.44	Nm
Gelagar Melintang 1300.550.40.32	6571.47	Nm	1.1	7228.62	Nm

Beban Mati Tambahan (MA)					
Berat Aspal	3850	Nm	2	7700	Nm
Berat Air Hujan	1750	Nm	2	3500	Nm
Beban lajur "D" (TD)					
q BTR	18000	Nm	1.8	32400	Nm
p BGT	63700	Nm	1.8	114660	Nm
Beban Truk "T" (TT)					
Tu	146250	N	1.8	263250	N

Dari hasil analisa pembebanan diatas dipilih kombinasi pembebanan terbesar yaitu kombinasi pembebanan sesudah komposit sehingga :

LRFD	ASD
<u>Beban Permanen (MA)(MS)</u>	<u>Beban Permanen (MA)(MS)</u>
$q_{DL} = 46174.88 \text{ N/m}$	$q_{DL} = 33772.85 \text{ N/m}$
$q_{BTR} = 32400 \text{ N/m}$	$q_{BTR} = 18000 \text{ N/m}$
$q_{BGT} = 114660 \text{ N/m}$	$q_{BGT} = 63700 \text{ N/m}$
$T_{uL} = 263250 \text{ N/m}$	$T_{uL} = 146250 \text{ N/m}$

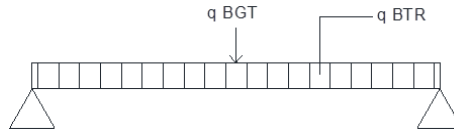
Beban Permanen (MA)(MS)



Gambar 6. 8 Beban permanen (MA)(MS) gelagar

LRFD	ASD
$Vu_{DL} = \frac{1}{2} \cdot q_{DL} \cdot L$	$Vu_{DL} = \frac{1}{2} \cdot q_{DL} \cdot L$
$= 399412.72 \text{ Nm}$	$= 292135.12 \text{ Nm}$
$Mu_{DL} = \frac{1}{8} \cdot q_{DL} \cdot l^2$	$Mu_{DL} = \frac{1}{8} \cdot q_{DL} \cdot l^2$
$= 1727460.01 \text{ Nm}$	$= 1263484.39 \text{ Nm}$

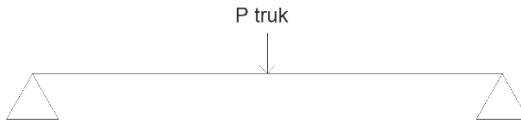
Beban Lajur "D" (TD)



Gambar 6. 9 Beban lajur "D" (TD) gelagar

LRFD	ASD
$Vu_{TD} = \frac{1}{2} \cdot q_{TD} \cdot L$ $= 1272069 \text{ Nm}$	$Vu_{TD} = \frac{1}{2} \cdot q_{TD} \cdot L$ $= 706705 \text{ Nm}$
$Mu_{TD} = \frac{1}{8} \cdot q_{TD} \cdot l^2$ $= 1460076.75 \text{ Nm}$	$Mu_{TD} = \frac{1}{8} \cdot q_{TD} \cdot l^2$ $= 811153.75 \text{ Nm}$

Beban Truk "T" (TT)



Gambar 6. 10 Beban truk "T" (TT) gelagar

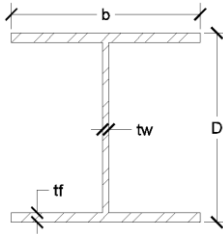
LRFD	ASD
$Vu_{TT} = \frac{1}{2} \cdot Tu$ $= 131625.00 \text{ Nm}$	$Vu_{TT} = \frac{1}{2} \cdot Tu$ $= 73125.00 \text{ Nm}$
$Mu_{TT} = \frac{1}{4} \cdot q_{TT} \cdot L$ $= 1138556.25 \text{ Nm}$	$Mu_{TT} = \frac{1}{4} \cdot q_{TT} \cdot L$ $= 632531.250 \text{ Nm}$

Kombinasi Momen Ultimate (Kuat 1)

LRFD	ASD
$Vu = Vu_{DL} + Vu_{LL(max)}$ $= 1671481.719 \text{ Nm}$	$Vu = Vu_{DL} + Vu_{LL(max)}$ $= 998840.119 \text{ Nm}$
$Mu = Mu_{DL} + Mu_{LL(max)}$ $= \mathbf{3187536.758 \text{ Nm}}$	$Mu = Mu_{DL} + Mu_{LL(max)}$ $= 2074638.14 \text{ Nm}$

6.4.2 Detail Profil W 1300.550.40.32

Struktur direncanakan memakai profil W dengan dimensi 1300.550.40.32 dengan data profil sebagai berikut :



Gambar 6. 11 Profil Gelagar Melintang

D	=	1300	mm	I _x	=	2282192.88	cm ⁴
b	=	550	mm	I _y	=	111425.19	cm ⁴
tf	=	40	mm	i _x	=	52.21	cm
tw	=	32	mm	i _y	=	11.54	cm
r	=	28	mm	S _x	=	35110.66	cm ³
A	=	837.13	cm ²	S _y	=	4051.83	cm ³
W	=	657.15	kg/m	Z _x	=	40094.46	cm ³
				Z _y	=	6374.08	cm ³

6.4.3 Klasifikasi Penampang

Pada perencanaan ini sesuai dengan AISC-2016 B4 untuk mengklasifikasikan jenis penampangnya sebagai berikut :

a. Kontrol Penampang Terhadap Gaya Aksial

$$\frac{bf}{tf} < 0.56 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{550}{40} < 0.56 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$6.88 < 12.37 \text{ (Memenuhi)}$$

b. Penampang Terhadap Lentur

$$\frac{h}{tw} < 0.38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{550}{40} < 0.38 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$6.88 < 8.39 \text{ (Kompak)}$$

Maka, Penampang Kompak $M_n = M_p$

Dikarenakan penampang kompak maka tidak dilakukan Kontrol Tekuk Lokal Badan dikarenakan sesuai AISC-2016 F7 keadaan batas dari tekuk lokal sayap dan tekuk lokal badan tidak diterapkan

6.4.4 Analisa Desain Komponen Struktur Lentur

a. Kontrol Kelelahan

Kontrol kelelahan sesuai dengan AISC-2016 F7 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol kelelahan sebagai berikut :

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= (40094.46 \times 1000) \times 410$$

$$= 16438730.24 \text{ Nmm}$$

LRFD ($\phi = 0,9$)	ASD ($\Omega = 1,67$)
$M_u < \phi \cdot M_n$	$M_u < \frac{M_n}{\Omega}$
$M_u < 0,9 \times 16438730.24$	$M_u < \frac{16438730.24}{1,67}$
3187536.76	$2074638.14 < 9843551.04$
< 14794857.22	
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil W 1300.550.40.32 dapat menahan momen yang terjadi pada Ikatan Angin Rangka Busur.

b. Kontrol Tekuk Torsi Lateral

Kontrol tekuk torsi lateral ini sesuai dengan AISC-2016 F2 dikarenakan penampang berbentuk W, sehingga kontrol tekuk torsi lateralnya sebagai berikut :

Jarak Antara Gelagar Memanjang = 17300 mm

Pada gelagar memanjang terdapat profil W 1300.550.40.32 dengan jarak $L_b = 1800$ mm

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 115,4 \times \sqrt{\frac{200000}{410}} \\ &= 4484,68 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$L_r = 1,95 \times r_{ts} \times \frac{E}{0,7 \times f_y} \times \sqrt{\frac{J_c}{S_x \times h_0} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x \times h_0}\right)^2 + 6,76 \times \left(\frac{0,7 \times f_y}{E}\right)^2}}$$

Dimana :

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \times \left(1 + \frac{1}{6} \times \frac{h \times t_w}{b_f \times t_f}\right)}} = 138,45 \text{ mm}$$

$$J_c = \frac{b \times t_f^3 + (h - t_f) \times t_w^3}{3} = 37229226,67 \text{ mm}^4$$

$$h_0 = D - (2 \times 0,5 \times t_w) = 1268,00 \text{ mm}$$

Maka :

$$\begin{aligned} L_r &= 1,95 \times r_{ts} \times \frac{E}{0,7 \times f_y} \times \sqrt{\frac{J_c}{S_x \times h_0} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x \times h_0}\right)^2 + 6,76 \times \left(\frac{0,7 \times f_y}{E}\right)^2}} \\ &= 1,95 \times 138,4 \times \frac{200000}{0,7 \times 410} \times \sqrt{\frac{37229226,67}{35110,66 \times 1000 \times 1268} + \sqrt{\left(\frac{37229226,67}{35110,66 \times 1000 \times 1268}\right)^2 + 6,76 \times \left(\frac{0,7 \times 410}{200000}\right)^2}} \\ &= 11649,97 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$L_p < L_b < L_r$$

$$4484,68 > 1800 < 11649,97$$

Maka, termasuk dalam Bentang Pendek $L_p \geq L$

Dikarenakan termasuk dalam Bentang Pendek $L_p \geq L$ maka tidak dilakukan Kontrol Tekuk Torsi Lateral sesuai AISC-2016 F2-4a keadaan batas dari tekuk torsi-lateral tidak boleh digunakan.

6.4.5 Analisa Desain Komponen Struktur Geser

Kontrol kuat geser ini sesuai dengan AISC-2016 G2 dikarenakan penampang berbentuk W, sehingga kontrol kuat gesernya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A_w &= D \cdot t_w \\
 &= 1300 \times 32 \\
 &= 41600 \text{ mm}^2 \\
 C_v &= 1 \text{ (AISC - 2016 G2 - 2 (1 - 71))} \\
 V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\
 &= 0,6 \times 410 \times 41600 \times 1 \\
 &= 10233600,00 \text{ N}
 \end{aligned}$$

LRFD ($\phi = 1$)	ASD ($\Omega = 1,5$)
$V_u < \phi \cdot V_n$	$V_u < \frac{V_n}{\Omega}$
$V_u < 1 \times 10233600$	$V_u < \frac{10233600}{1,5}$
1671481.72 < 10233600	998840.12 < 6822400
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil W 1300.550.40.32 dapat menahan gaya geser yang terjadi pada Ikatan Angin Rangka Busur.

6.4.6 Kontrol Lendutan Gelagar

Kontrol lendutan berdasarkan SNI 1725-2016 pasal 6.2.2 kombinasi pembebanan yang digunakan pada perhitungan lendutan adalah kondisi layan I berikut :

Tabel 6. 9 Kombinasi Pembebanan Layan 1

Keadaan Batas	MS MA	TT TD
Layan I	1	1

Untuk evaluasi lendutan SNI 1725-2016 pasal 8.4.6.1 digunakan nilai lendutan terbesar antara beban lajur "D" atau beban satu Truk. Untuk besaran beban yang bekerja sesuai dengan hasil preliminary di bab IV sebagai berikut:

Tabel 6. 10 Beban yang Bekerja pada Gelagar (Layan 1)

Jenis Beban	Beban Nominal		Faktor Beban	Beban Ultimit	
Beban lajur "D" (TD)					
q BTR	9.257	kNm	1	9.257	kNm
p BGT	63.700	kN	1	63.700	kN
Beban Truk "T" (TT)					
Tu	146.25	kN	1	146.25	kN

Pada kontrol lendutan inintuk batas lendutannya sebagai berikut :

- a. Batas Lendutan Ijin (RSNI T-03-2005 pasal 4.7.2)

$$\Delta = \frac{1}{800} \cdot L_b$$

$$\begin{aligned}\Delta &= \frac{1}{800} \cdot 17300 \\ &= 21.625 \text{ mm}\end{aligned}$$

- b. Lendutan Beban Lajur "D" (TD)

$$\begin{aligned}\Delta_{TD} &= \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{TD} \cdot L^4}{E \cdot I_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{9.257 \times 17300^4}{200000 \times 47097.02 \times 10^4} \\ &= 20.88 \text{ mm}\end{aligned}$$

- c. Lendutan Beban Truk "T" (TT)

$$\begin{aligned}\Delta_{TT} &= \frac{1}{48} \cdot \frac{P_{TT} \cdot L^3}{E \cdot I_x} \\ &= \frac{1}{48} \times \frac{146.25 \times 3500^3}{200000 \times 47097.02 \times 10^4} \\ &= 0.0034563 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat :

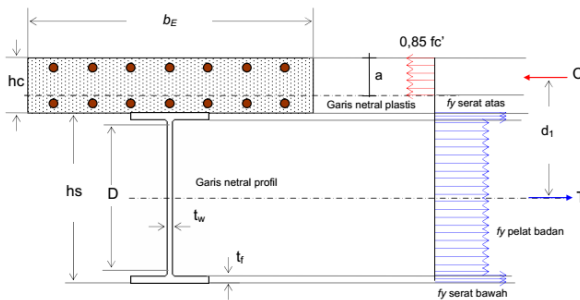
$$\Delta \text{ Terbesar} < \Delta \text{ Ijin}$$

$$20.88 \text{ mm} < 21.625 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

6.4.7 Kontrol Setelah Komposit

Pada perencanaan jembatan dibutuhkan penghubung geser pada lantai jembatannya dengan tujuan untuk menahan gaya geser antara pelat lantai dan gelagar jembatan sehingga jembatan menjadi komposit. Untuk perencanaan sebagai berikut :

a. Garis Netral Penampang Komposit



Gambar 6. 12 Garis netral penampang komposit

$$L_b = 3500 \text{ mm}$$

Lebar Efektif Pelat (RSNI T-03-2005)

$$b_e = \frac{L}{5} = 3460 \text{ mm}$$

$$b_e = b = 3500 \text{ mm}$$

$$b_e = 12 \cdot t_s = 3000 \text{ mm}$$

Maka, diambil Lebar Efektif terkecil : $b_e = 3000 \text{ mm}$

b. Kekuatan Plastis dan garis Netral Plastis

Kekuatan tekan pada pelat lantai (C)

$$A_{tul} = \frac{b_e}{S_{tul}} \times \frac{1}{4} \times \pi \times D_{tul}^2 = 4222.3 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0.85 \cdot f_c' \cdot b_e \cdot t_s + (A_{tul} \cdot f_y)_c \\ &= 0.85 \times 35 \times 3000 \times 250 + 4222.3 \times 410 \\ &= 24043643.22 \text{ N} \end{aligned}$$

Kekuatan tarik pada gelagar WF (T)

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$= 83713 \times 410$$

$$= 34322326.46 \text{ N}$$

Kedalaman daerah tekan pada lantai

Diambil kekutan terkecil : $C_c = 24043643.22 \text{ N}$

$$a = \frac{C_c - (A \cdot f_y)_c}{0.85 \cdot f_c \cdot b_e}$$

$$= \frac{24043643.22}{0.85 \times 35 \times 3000}$$

$$= 365.17 \text{ mm} > 250 \text{ sumbu netral berada pada profil baja}$$

$$d1 = \frac{D}{2} - \frac{(a - t_s)}{2}$$

$$= 582.58 \text{ mm}$$

c. Kekuatan Lentur

$$T = 6345566.46 \text{ N}$$

$$M_n = T \cdot d1$$

$$= 34322326.46 \times 582.58$$

$$= 19995626554 \text{ Nmm}$$

LRFD ($\phi = 0.9$)	ASD ($\Omega = 1.67$)
$M_u = 3187536.758 \text{ Nm}$	$M_u = 2074638.140 \text{ Nm}$
Kontrol Penampang :	Kontrol Penampang :
$M_u < \phi \cdot M_p$	$M_u < \frac{M_p}{\Omega}$
19995626554	19995626554
< 17996063898.72	< 11973429074.33
(Memenuhi)	(Memenuhi)

d. Penghubung Geser (Shear Connector)

$$D_b = 22 \text{ mm}$$

$$t_s = 250 \text{ mm}$$

$$A_c = b_e \cdot t_s = 750000 \text{ mm}^2$$

$$F_y = 410 \text{ Mpa}$$

Gaya geser (ultimit)

$$V_n = T$$

$$= 24043643.22 \text{ Nm}$$

LRFD ($\phi = 0.9$)	ASD ($\Omega = 1.67$)
$V_n = T \cdot \phi =$ 32058190.95 Nm	$V_n = \frac{T}{\Omega} = 48087286.43 \text{ Nm}$

Jarak antar penghubung

$$D = 1,5 + t_f$$

$$= 1,5 + 20$$

$$= 41.2 \text{ mm}$$

$$S_{\min} = 132 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 2000 \text{ mm}$$

Kekuatan geser Shear Connector

$$V_{su} = 0.25 \cdot \pi \cdot D_b^2 \cdot f_u$$

$$= 0.25 \cdot \pi \cdot 22^2 \cdot 410$$

$$= 155854.412$$

Jumlah Shear Connector:

LRFD ($\phi = 0.9$)	ASD ($\Omega = 1.67$)
$n = \frac{V_n}{0.55 \times V_{su}}$ 32058190.95 $= \frac{0.55 \times 155854.41}{0.55 \times 155854.41}$ n = 206 buah (satu baris / satu bentang) n = 69 buah (tiga baris / satu bentang)	$n = \frac{V_n}{0.55 \times V_{su}}$ 48087286.43 $= \frac{0.55 \times 155854.41}{0.55 \times 155854.41}$ n = 309 buah (satu baris / satu bentang) n = 103 buah (tiga baris / satu bentang)

Maka dipakai Jumlah Shear Connector sebanyak 103 buah
(tiga baris dalam satu bentang)

Persyaratan Jarak antar Shear Connector

S_{\min}	$<$	S	$<$	S_{\max}
132	$<$	260	$<$	2000 (Memenuhi)

6.4.8 Sambungan Gelagar Melintang

a. Data Perencanaan

Profil Gelagar Memanjang = W 400.300.18.11

Profil Gelagar Melintang = W 1300.550.28.13

D baut (M20) db = 22

D lubang = 24

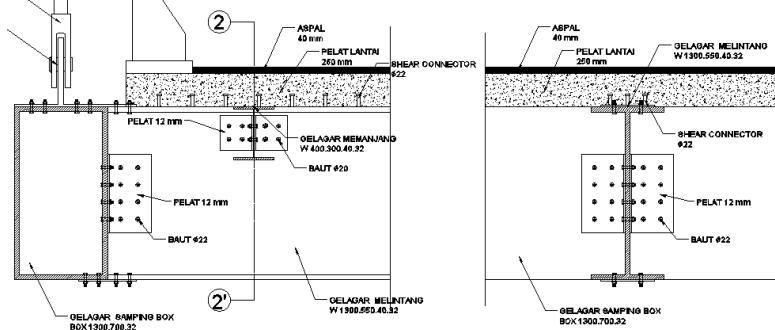
Gaya tarik minimum (Tb) = 221000 N

Bidang Geser ns = 2

Koefisien gesek μ = 0.5 (permukaan B)

h_f = 1

D_u = 1.13 (AISC-2016 J3-8)



Gambar 6. 13 Detail Sambungan Gelagar Melintang

b. Kuat Rencana Baut Tipe Gesek

$$\begin{aligned}
 Rn &= \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s \\
 &= 0.5 \times 1.13 \times 1 \times 210000 \times 2 \\
 &= 249730. N
 \end{aligned}$$

c. Jumlah Baut

LRFD ($\phi = 1$)	ASD ($\Omega = 1.5$)
$Ru = 3187536.76 \text{ Nm}$	$Ru = 2074638.14 \text{ Nm}$
Jumlah Baut :	Jumlah Baut :
$n = \frac{Ru}{\phi \cdot Rn}$	$n = \frac{Ru}{\left(\frac{Rn}{\Omega}\right)}$

$$\begin{array}{rcl}
 & \frac{3187536.76}{249730} & \frac{2074638.14}{166486.67} \\
 = & & = \\
 = 12.76 = 13 \text{ buah} & & = 12.46 = 13 \text{ buah}
 \end{array}$$

Jadi Digunakan Baut M20 dengan minimal sejumlah 13 buah

d. Jarak Pemasangan Baut

Jarak Tepi $S_1 = 75$

Syarat = $1,5 \cdot d_b < S_1 < (4 \cdot t_p + 100\text{mm})$ atau 200 mm

$33 < 80 < 148$ (Memenuhi)

Jarak Antar baut $S = 100$

Syarat = $(2 + \frac{2}{3}) \cdot d_b < S_1 < 15 \cdot t_p$ atau 200 mm

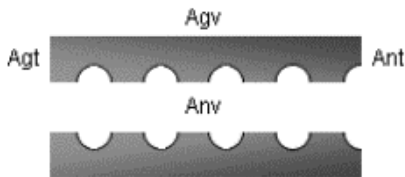
$58.7 < 100 < 180$ (Memenuhi)

e. Kontrol Plat Penyambung

Dipakai profil L 250.250 25

Tebal Plat = 10 mm

BJ 50 $f_y = 290$ $f_u = 500$



Gambar 6. 14 Luasan Plat terkena Geser dan Tarik

A_{gv} = Luasan bruto mengalami geser (mm^2)

$$= 2 \times 450 \times 25 = 22500 \text{ mm}^2$$

A_{nv} = Luasan netto mengalami geser (mm^2)

$$= 22500 - (1.5 \times 24) \times 25 = 19200 \text{ mm}^2$$

A_{gt} = Luasan bruto tertarik (mm^2)

$$= 2 \times 75 \times 25 = 3750 \text{ mm}^2$$

A_{nt} = Luasan netto mengalami tarik (mm^2)

$$= 3750 - 24 \times 2 \times 0.5 = 3726 \text{ mm}^2$$

Kontrol Kekuatan tarik nominal terfaktor (N_u)

1. Kondisi Leleh

LRFD ($\phi = 0.9$)

ASD ($\Omega = 1.67$)

$u = 1671481.72 \text{ Nm}$	$Ru = 998840.12 \text{ Nm}$
$Ru < \emptyset. Rn$	$Ru < \frac{Rn}{\Omega}$
$Ru < \emptyset. Ag.fy$	$Ru < \frac{Ag.fy}{\Omega}$
1671481.72	$998840.12 < 1953592.81$
< 2936250.00	(Memenuhi)

2. Kondisi Fraktur / Putus

$$A_{net} = 22500 \times 1 - 3.5 \times 24 \times 25 = 240600 \text{ mm}$$

$$U = 1 - \frac{x}{L} = 0.989 \text{ mm}$$

$$A_e = A_{net} \cdot U = 240600 \times 0.989 = 238040.425 \text{ mm}$$

LRFD ($\phi = 0.75$)	ASD ($\Omega = 2$)
$Ru = 1671481.72 \text{ Nm}$	$Ru = 998840.12 \text{ Nm}$
$Ru < \emptyset. Rn$	$Ru < \frac{Rn}{\Omega}$
$Ru < \emptyset. Ae.fu$	$Ru < \frac{Ae.fu}{\Omega}$
1671481.72	$998840.12 < 59510106.38$
< 89265159.57	(Memenuhi)

3. Kondisi Geser Blok

$$fu.Ant < 0.6.fu.Anv$$

$$947000.00 < 3895200.00$$

Maka termasuk kondisi Geser fraktur dengan tarik leleh

($fu.Ant < 0.6.fu.Anv$) maka :

LRFD ($\phi = 0.75$)
$Ru = 1671481.72 \text{ Nm}$
$Ru < \emptyset. Rn$
$Ru < \emptyset. (0.6.fy.Anv + fu.Agt)$
$1671481.72 < 2933887.50$ (Memenuhi)
ASD ($\Omega = 2$)
$Ru = 998840.12 \text{ Nm}$

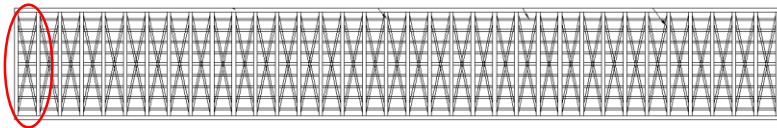
$$u < \frac{Rn}{\Omega}$$

$$Ru < \frac{(0.6 \cdot fy \cdot Anv + fu \cdot Agt)}{\Omega}$$

$$998840.12 < 1955925.00 \text{ (Memenuhi)}$$

6.5 Perencanaan Ikatan Angin Lantai Jembatan

6.5.1 Frame WG-1



Gambar 6. 15: Letak Frame WG-1

Tabel 6. 11: Hasil Output SAP Untuk Ikatan Angin Lantai

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	N	N	N	N-m	N-m
WG-1	17.6505	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	18103.54	11061.79	279.38	-1825.62	20044.16
WG-1	17.6505	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	14034.25	11280.39	234.52	-1531.84	1471.57

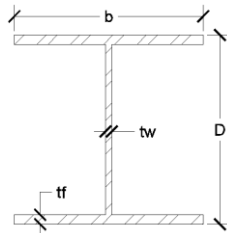
6.5.2 Hasil Analisa Gaya Dalam

Dari hasil analisa SAP2000 gaya dalam yang terjadi pada frame sebagai berikut:

LRFD	ASD
B = 17.6505 m	B = 17.6505 m
Pu = 18103.54 N	Pu = 14034.25 N
M(U) = 20044.16 Nm	M(U) = 14710.57 Nm
V(U) = 11061.79 Nm	V(U) = 11280.39 Nm

6.5.3 Detail Profil W 300 300 21 20

Struktur direncanakan memakai profil W 300.300.21.20 dengan data profil sebagai berikut :



Gambar 6. 16: Profil BOX Ikatan Angin Lantai Jembatan

D	=	300.0	mm	I _x	=	28950.8	cm ⁴
b	=	300.0	mm	I _y	=	9563.1	cm ⁴
tf	=	21.0	mm	r _x	=	12.5	cm
tw	=	20.0	mm	r _y	=	7.2	cm
r	=	28.0	mm	S _x	=	1930.1	cm ³
A	=	184.3	cm ²	S _y	=	637.5	cm ³
W	=	144.7	kg/m	Z _x	=	2180.7	cm ³
				Z _y	=	980.2	cm ³

6.5.4 Klasifikasi Penampang

Pada perencanaan ini sesuai dengan AISC-2016 B4 untuk mengklasifikasikan jenis penampangnya sebagai berikut :

a. Kontrol Penampang Terhadap Gaya Aksial

$$\frac{bf}{tf} < 0.56 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{300}{21.2} < 0.56 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$7.14 < 12.37 \text{ (Memenuhi)}$$

b. Penampang Terhadap Lentur

$$\frac{h}{tw} < 0.38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{300}{20} < 0.38 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$7.14 < 8.39 \text{ (Kompak)}$$

Maka, Penampang Kompak $M_n = M_p$

Dikarenakan penampang kompak maka tidak dilakukan Kontrol Tekuk Lokal Badan dikarenakan sesuai AISC-2016 F7 keadaan batas dari tekuk lokal sayap dan tekuk lokal badan tidak diterapkan.

6.5.5 Analisa Komponen Struktur Tarik

Dikarenakan komponen yang ditinjau merupakan komponen struktur tarik maka pada perencanaannya sesuai dengan AISC-2016 D sebagai berikut :

$$L = 17.6505 \text{ mm}$$

$$K = 1$$

$$\begin{aligned} Lk &= kc \times L \\ &= 17650.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{I_y}{A}} \\ &= 72.03 \text{ mm} \end{aligned}$$

a. Kontrol Kelangsingan

Kontrol kelangsingan sesuai dengan AISC-2016 D1 sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{Lk}{r} < 300$$

$$\lambda = \frac{17650.5}{72.03} < 300$$

$$245.05 < 300 \text{ (Memenuhi)}$$

b. Kontrol Kuat Tarik Kelelahan pada Penampang Bruto

Kontrol kuat tarik kelelahan pada penampang bruto sesuai dengan AISC-2016 D2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_p &= f_y \cdot A_g \\
 &= 410 \times 18430 \\
 &= 7557526.46 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

LRFD ($\phi = 0,9$)	ASD ($\Omega = 1,67$)
$P_u < \phi \times P_n$	$P_u < \frac{P_n}{\Omega}$
18103.54 < 6801773.81	14034.25 < 4525464.94
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil W 300.300.21.20 dapat gaya tarik yang terjadi pada Ikatan Angin Rangka Busur

c. Kontrol Kuat Tarik Keruntuhan pada Penampang Bruto

Kontrol kuat tarik keruntuhan pada penampang bruto sesuai dengan AISC-2016 D2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Ae &= A_n \cdot U \\
 &= 18384.99 \cdot 1 \\
 &= 18384.99 \text{ mm}^2 \\
 Pn &= f_u \cdot Ae \\
 &= 550 \times 18384.99 \\
 &= 10111745.25 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

LRFD ($\phi = 0.75$)	ASD ($\Omega = 2$)
$P_u < \phi \times P_n$	$P_u < \frac{P_n}{\Omega}$
18103.54 < 7583808.94	14034.25 < 5055872.62
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil W 300.300.21.20 dapat gaya tarik yang terjadi pada Ikatan Angin Rangka Busur

6.5.6 Analisa Desain Komponen Struktur Lentur

a. Kontrol Kelelahan

Kontrol kelelahan sesuai dengan AISC-2016 F2 dikarenakan penampang berbentuk W, sehingga kontrol kelelehannya sebagai berikut :

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= (2180.7 \times 1000) \times 410$$

$$= 894078.80 \text{ Nmm}$$

<u>LRFD ($\phi = 0.9$)</u>	<u>ASD ($\Omega = 1.67$)</u>
$M_u < \phi \cdot M_n$	$M_u < \frac{M_n}{\Omega}$
20044.16 < 804670.92	14710.57 < 535376.53
(Memenuhi)	(Memenuhi)

b. Kontrol Tekuk Torsi Lateral

Kontrol tekuk torsi lateral ini sesuai dengan AISC-2016 F7 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol tekuk torsi lateralnya sebagai berikut :

Jarak Antara Gelagar Memanjang = $L_b = 17650.50 \text{ mm}$

$$J_c = \frac{b \times t_f^3 + (h - t_f) \times t_w^3}{3}$$

$$= 2596200 \text{ mm}^4$$

$$r_{ts} = \frac{bf}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{h \times t_w}{6 \times b_f \times t_f} \right)}}$$

$$= 80.45 \text{ mm}$$

$$h_o = D - (2 \times 0.5 \times t_w)$$

$$= 280.00 \text{ mm}$$

$$L_p = 1.76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 1.76 \times 72 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$= 2799.86 \text{ mm}$$

$$L_r = 1.95 \times r_{ts} \times \frac{E}{0.7 \times f_y} \times \sqrt{\frac{J_c}{S_x \times h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x \times h_o} \right)^2 + 6.76 \times \left(\frac{0.7 \times f_y}{E} \right)^2}}$$

$$= 1.95 \times 80.45 \times \frac{200000}{0.7 \times 410} \times \sqrt{\frac{2596200}{1930100 \times 384} + \sqrt{\left(\frac{2596200}{1930100 \times 384} \right)^2 + 6.76 \times \left(\frac{0.7 \times 410}{200000} \right)^2}}$$

$$= 7223.65 \text{ mm}$$

$$L_p < L_b > L_r$$

$$2799.86 < 17650.50 \quad 7223.65$$

Maka, termasuk dalam Bentang Panjang $L \geq L_r$

Bentang Panjang $L \geq L_r$

$$M_n = f_{cr} \times S_x$$

LRFD	ASD
$R_A = \frac{1}{2} \cdot P_u$	$R_A = \frac{1}{2} \cdot P_u$
$= 11061.79 \text{ N}$	$= 11280.39 \text{ N}$
$MA = MC = 48811531.10 \text{ Nm}$	$MA = MC = 49776130.92 \text{ Nm}$
$MB = M_{max} = 20044160 \text{ Nm}$	$MB = M_{max} = 14710570 \text{ Nm}$
$C_b = \frac{12,5 \cdot M_{max}}{2,5 \cdot M_{max} + 3M_A + 4M_B + 4M_C}$	$C_b = \frac{12,5 \cdot M_{max}}{2,5 \cdot M_{max} + 3M_A + 4M_B + 4M_C}$
$= 0.59210283$	$= 0.46637980$
$f_{cr} = \frac{C_b \times \pi^2 \times E}{\left(\frac{Lb}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \times \frac{J_c}{S_x \times h_o} \times \left(\frac{Lb}{r_{ts}}\right)^2}$	$f_{cr} = \frac{C_b \times \pi^2 \times E}{\left(\frac{Lb}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \times \frac{J_c}{S_x \times h_o} \times \left(\frac{Lb}{r_{ts}}\right)^2}$
$= 105.94$	$= 83.45$
$M_n = f_{cr} \times S_x \leq M_p$	$M_n = f_{cr} \times S_x \leq M_p$
$= 204479033.40 \text{ Nmm}$	$= 161061366.21 \text{ Nmm}$
LRFD ($\phi = 0,9$)	ASD ($\Omega = 1,67$)
$M_u < \phi \cdot M_n$	$M_u < \frac{M_n}{\Omega}$
$6442.79 < 184031.13$	$5906.51 < 96443.93$
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil W 300.300.21.20 dapat menahan momen yang terjadi pada Ikatan Angin Rangka Busur

6.5.7 Analisa Desain Komponen Struktur Geser

Kontrol kuat geser ini sesuai dengan AISC-2016 G2 dikarenakan penampang berbentuk W, sehingga kontrol kuat gesernya sebagai berikut :

$$A_w = D \cdot t_w$$

$$= 300 \times 20$$

$$= 6000.00 \text{ mm}^2$$

$$C_v = 1 \text{ (AISC - 2016 G2 - 2 (1 - 71))}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v \\
 &= 0,6 \times 410 \times 6000 \times 1 \\
 &= 1476000.00 \text{ N}
 \end{aligned}$$

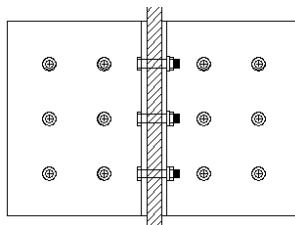
<u>LRFD ($\phi = 1$)</u>	<u>ASD ($\Omega = 1,5$)</u>
$V_u < \phi \cdot V_n$	$V_u < \frac{V_n}{\Omega}$
11061.79 < 1476000.00	11280.39 < 984000.00
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil W 300.300.21.20 dapat menahan gaya geser yang terjadi pada Ikatan Angin Rangka Busur

6.5.8 Sambungan Ikatan Angin Lantai Kendaraan

a. Data Perencanaan

Profil Ikatan Angin	=	W 300.300.21.20
Profil Gelagar Melintang	=	W 1300.550.28.13
D baut (M20)	db	= 22
D lubang		= 24
Gaya tarik minimum (Tb)		= 221000 N
Bidang Geser	ns	= 2
Koefisien gesek	μ	= 0.5 (permukaan B)
	hf	= 1
	Du	= 1.13 (AISC-2016 J3-8)



Gambar 6. 17:: Detail Sambungan Ikatan Angin

b. Kuat Rencana Baut Tipe Gesek

$$\begin{aligned}
 R_n &= \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s \\
 &= 0.5 \times 1.13 \times 1 \times 210000 \times 2 \\
 &= 249730. \text{ N}
 \end{aligned}$$

c. Jumlah Baut

<u>LRFD ($\phi = 1$)</u>	<u>ASD ($\Omega = 1.5$)</u>
$R_u = 3187536.76 \text{ Nm}$	$R_u = 2074638.14 \text{ Nm}$
Jumlah Baut :	Jumlah Baut :
$n = \frac{R_u}{\phi \cdot R_n}$	$n = \frac{R_u}{\left(\frac{R_n}{\Omega}\right)}$
$= \frac{3187536.76}{249730}$	$= \frac{2074638.14}{166486.67}$
$= 12.76 = 13 \text{ buah}$	$= 12.46 = 13 \text{ buah}$

Jadi Digunakan Baut M20 dengan minimal sejumlah 13 buah

d. Jarak Pemasangan Baut

Jarak Tepi $S_1 = 80$

$$\text{Syarat} = 1,5 \cdot d_b < S_1 < (4 \cdot t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$33 < 80 < 140 \text{ (Memenuhi)}$$

Jarak Antar baut $S = 100$

$$\text{Syarat} = \left(2 + \frac{2}{3}\right) \cdot d_b < S_1 < 15 \cdot t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$66 < 100 < 150 \text{ (Memenuhi)}$

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 7

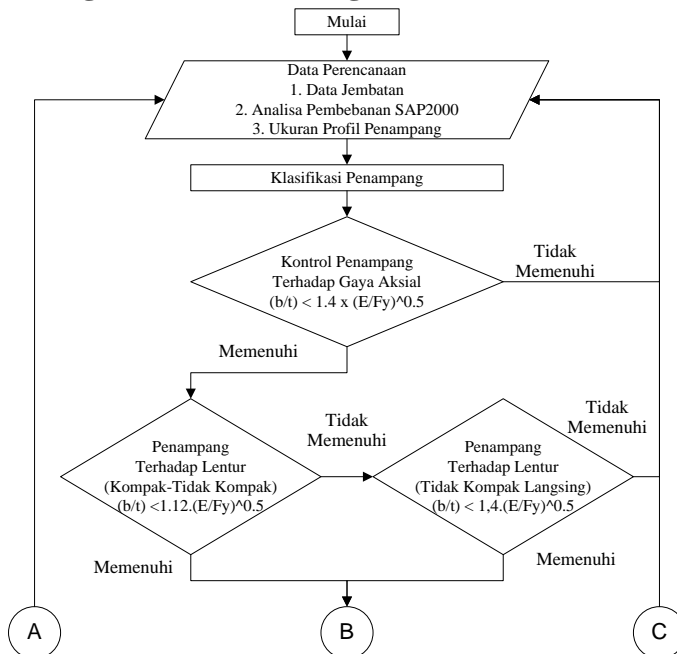
PERENCANAAN KOMPONEN STRUKTUR RANGKA BUSUR JEMBATAN

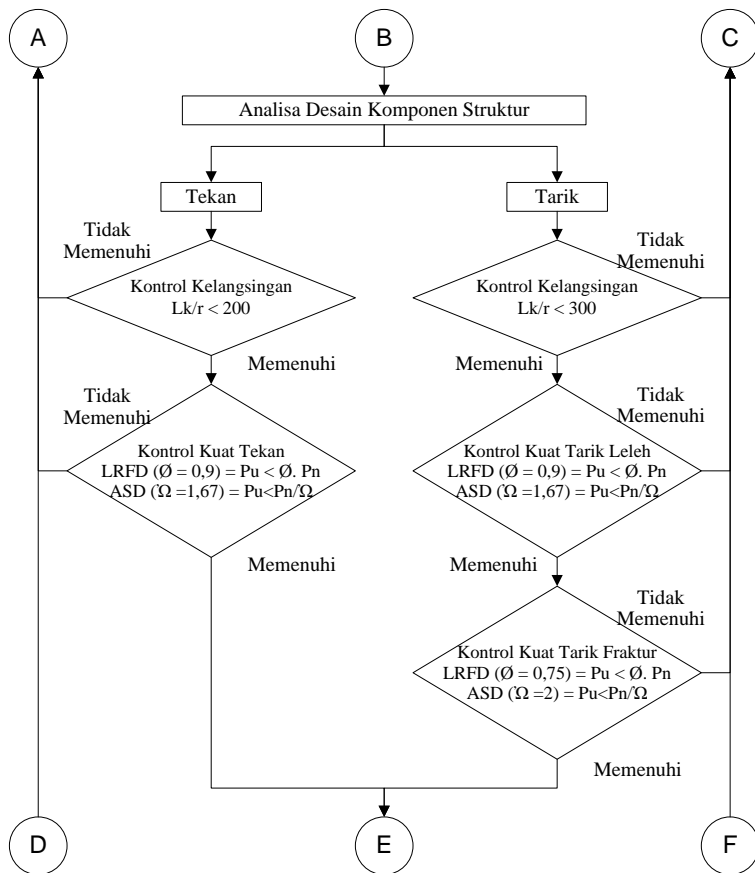
7.1 Data Perencanaan

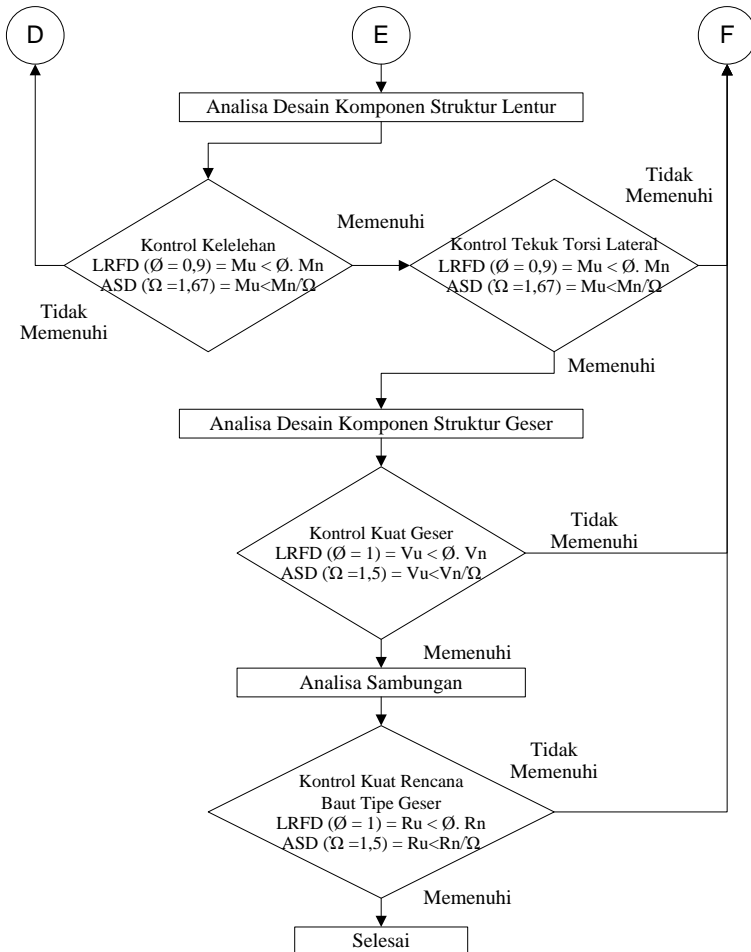
Data-data yang digunakan dalam perencanaan komponen struktur utama jembatan Tol Porong gempol ini adalah sebagai berikut:

Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m
Mutu Profil Baja	BJ 55
Tegangan Leleh (f_y)	: 410 MPa
Tegangan Putus (f_u)	: 550 MPa

7.2 Diagram Alir Perhitungan







7.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi Pembebanan yang digunakan pada perencanaan struktur utama ini adalah Kuat 1 (SNI 1725-2016)

Tabel 7. 1: Kombinasi Pembebanan Kuat 1

Keadaan Batas	MS MA	TT TD TB	EU	EW_s
Kuat I	λ_p	1.8	-	-

Beban yang bekerja pada jembatan berdasarkan SNI 1725-2016.

7.4 Perencanaan Rangka Busur Atas

7.4.1 Frame AT-29

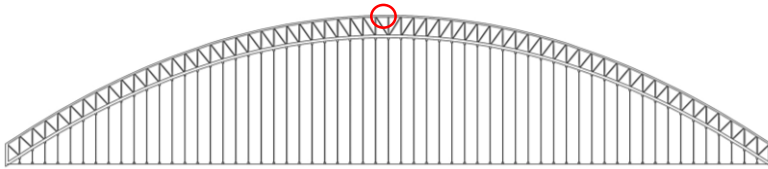
**Gambar 7. 1:** Letak Frame AT-29**Tabel 7. 2:** Hasil Output SAP Untuk Rangka Busur Atas

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	N	N	N	N-m	N-m
AT-1	4.188	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	-3016738.82	-465514.33	12930.51	-132633	-518203.34
AT-1	4.188	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	-2166877.78	-331374.71	6097.03	-95720.07	-368830.83

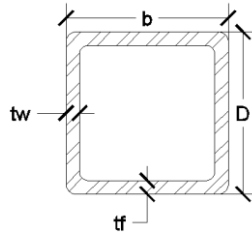
7.4.2 Hasil Analisa Gaya Dalam

Dari hasil analisa gaya dalam menggunakan SAP2000 yang terjadi pada frame sebagai berikut:

LRFD	ASD
B = 4.188 m	B = 4.188 m
Pu = -3016738.82 N	Pu = -2166877.78 N
M(U) = -2478724.47Nm	M(U) = -368830.83 Nm
V(U) = -518203.34 Nm	V(U) = -331374.71 Nm

7.4.3 Detail Profil BOX 900 900 40

Struktur direncanakan memakai profil BOX 900.900.40 dengan data profil sebagai berikut :



Gambar 7. 2: Profil BOX Rangka Busur Atas

D	=	900.0	mm	I _x	=	1613873.0	cm ⁴
B	=	900.0	mm	I _y	=	1613873.0	cm ⁴
T _f	=	40.0	mm	i _x	=	34.2	cm
T _w	=	40.0	mm	i _y	=	34.2	cm
R	=	28.0	mm	S _x	=	35863.8	cm ³
A	=	1376.0	cm ²	S _y	=	35863.8	cm ³
W	=	1080.2	W	Z _x	=	44718.5	cm ³
				Z _y	=	44718.5	cm ³

7.4.4 Klasifikasi Penampang

Pada perencanaan ini sesuai dengan AISC-2016 B4 untuk mengklasifikasikan jenis penampangnya sebagai berikut :

a. Kontrol Penampang Terhadap Gaya Aksial

$$\frac{b}{t} < 1,4 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{900}{40} < 1,4 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$22.5 < 30.92 \text{ (Memenuhi)}$$

b. Penampang Terhadap Lentur

$$\frac{b}{t} < 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{900}{40} < 1,12 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$22.5 < 24.74 \text{ (Kompak)}$$

Maka, Penampang Kompak $M_n = M_p$

Dikarenakan penampang kompak maka tidak dilakukan Kontrol Tekuk Lokal Badan dikarenakan sesuai AISC-2016 F7 keadaan batas dari tekuk lokal sayap dan tekuk lokal badan tidak diterapkan.

7.4.5 Analisa Komponen Struktur Tekan

Dikarenakan komponen yang ditinjau merupakan komponen struktur tekan maka pada perencanaannya sesuai dengan AISC-2016 E sebagai berikut :

$$L = 4188.08 \text{ mm}$$

$$K = 1$$

$$\begin{aligned} Lk &= kc \times L \\ &= 4188.08 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{I_y}{A}} \\ &= 342.4723 \text{ mm} \end{aligned}$$

a. Kontrol kelangsingan

Kontrol kelangsingan sesuai dengan AISC-2016 E2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{Lk}{r} < 200 \\ \lambda &= \frac{4188.08}{342.47} < 200 \\ 12.229 &< 200 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

b. Kontrol Kuat Tekan Nominal

Kontrol kuat tekan nominal sesuai dengan AISC-2016 E3 sebagai berikut :

$$\frac{L_k}{r} \sim 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{4188.08}{342.47} \sim 4.71 \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$12.229 \leq 104.03$$

Nilai $\frac{L_k}{r} < 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ sehingga digunakan rumus Tegangan Kritis

$f_{cr} = \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}}\right) \times f_y$, maka :

$$\begin{aligned} f_e &= \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K \times L}{r}\right)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 200000}{\left(\frac{4188.08}{342.4723}\right)^2} \\ &= 13199.29 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cr} &= \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}}\right) \times f_y \\ &= \left(0,658^{\frac{410}{13199.29}}\right) \times 410 \\ &= 11575.78 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= f_{cr} \times A_g \\ &= 11575,78 \times 137600 \\ &= 55687276.07 \text{ N} \end{aligned}$$

LRFD ($\phi = 0,9$)	ASD ($\Omega = 1,67$)
$P_u < \phi \times P_n$	$P_u < \frac{P_n}{\Omega}$
3016738.82	
< 50118548.46	2166877.78 < 33345674.29

(Memenuhi)	(Memenuhi)
------------	------------

Maka, Profil BOX 900.900.40 dapat menahan gaya tekan yang terjadi pada Rangka Busur Atas.

7.4.6 Analisa Desain Komponen Struktur Lentur

a. Kontrol Kelelahan

Kontrol kelelahan sesuai dengan AISC-2016 F7 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol kelelahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_p = Z_x \cdot f_y \\
 &= (44718.5 \times 1000) \times 410 \\
 &= 18380326.24 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

LRFD ($\phi = 0,9$)	ASD ($\Omega = 1,67$)
$M_u < \phi \cdot M_n$	$M_u < \frac{M_n}{\Omega}$
518203.34 < 16501113.22	368830.83 < 10978784.57
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil BOX 900.900.40 dapat menahan momen yang terjadi pada Rangka Busur Atas.

b. Kontrol Tekuk Torsi Lateral

Kontrol tekuk torsi lateral ini sesuai dengan AISC-2016 F7 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol tekuk torsi lateralnya sebagai berikut :

Jarak Antara Gelagar Memanjang = $L_b = 4188.08 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 J_c &= \frac{b \times t^3 + (h - t) \times t \times w^3}{3} \\
 &= 56746666.67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,13 \times E \times r_y \times \sqrt{\frac{J_c \times A_g}{M_p}} \\
 &= 1.13 \times 200000 \times 342 \times \sqrt{\frac{56746666.67 \times 137600}{410000}} \\
 &= 1357.09 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_r &= 2 \times E \times r_y \frac{\sqrt{J \times A_g}}{0.7 \times f_y \times S_x} \\
 &= 2 \times 200000 \times 342 \frac{\sqrt{56746666.67 \times 137600}}{0.7 \times 410 \times 3586380} \\
 &= 37189.99 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$L_p < L_b < L_r$$

$$1357.09 < 4188.08 < 37189.99$$

Maka, termasuk dalam Bentang Menengah $L_p \leq L \leq L_r$

Bentang Menengah $L_p \leq L \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times f_y \times S_x) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \cdot f_y \\
 &= (44718.5 \times 1000) \times 410 \\
 &= 18380326.24 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

LRFD	ASD
$R_A = \frac{1}{2} \cdot P_u$ $= 465514.33 \text{ N}$ $MA = MC = 487402813.80 \text{ Nm}$ $MB = M_{max}$ $= 518203340.00 \text{ Nm}$ $C_b = \frac{12.5 \cdot M_{max}}{2.5 \cdot M_{max} + 3M_A + 4M_B + 4M_C}$ $= 1.02936768$ $M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times f_y \times S_x) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right]$ $\leq M_p$ $= 18219022182.83 \text{ Nmm}$	$R_A = \frac{1}{2} \cdot P_u$ $= 331374.71 \text{ N}$ $MA = MC = 346955948.86 \text{ Nm}$ $MB = M_{max} = 368830830.00 \text{ Nm}$ $C_b = \frac{12.5 \cdot M_{max}}{2.5 \cdot M_{max} + 3M_A + 4M_B + 4M_C}$ $= 1.02930237$ $M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times f_y \times S_x) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$ $= 18217866114.75 \text{ Nmm}$
LRFD ($\phi = 0.9$)	ASD ($\Omega = 1.67$)
$M_u < \phi \cdot M_n$ $518203.34 < 16397119.96$ (Memenuhi)	$M_u < \frac{M_n}{\Omega}$ $368830.83 < 10908901.87$ (Memenuhi)

Maka, Profil BOX 900.900.40 dapat menahan momen yang terjadi pada Rangka Busur Atas.

7.4.7 Analisa Desain Komponen Struktur Geser

Kontrol kuat geser ini sesuai dengan AISC-2016 G4 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol kuat gesernya sebagai berikut :

$$A_w = 2 \times h \times t$$

$$= 2 \times 900 \times 40$$

$$= 72000.00 \text{ mm}^2$$

$$C_v = 1 \text{ (AISC – 2016 G2 – 2 (1 – 71))}$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 410 \times 72000 \times 1$$

$$= 17712000.00 \text{ N}$$

LRFD ($\phi = 1$)	ASD ($\Omega = 1,5$)
$V_u < \phi \cdot V_n$	$V_u < \frac{V_n}{\Omega}$
465514.33 < 17712000	331374.71 < 11808000.00
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil BOX 900.900.40 dapat menahan gaya geser yang terjadi pada Rangka Busur Atas.

7.4.8 Rekapitulasi Analisa Perencanaan Rangka Busur Atas

Tabel 7. 3: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Rangka Busur Atas 1

	Panjang Bentang		Gaya Aksial Ultimate	Kekuatan Aksial Nominal
Frame	Lb		P	Pn'
	m		N	N
AT-1	4.188	LRFD	-3016738.82	50118548.46
AT-1	4.188	ASD	-2166877.78	33345674.29
AT-14	3.717	LRFD	-17714826.1	50257213.30
AT-14	3.717	ASD	-12720111.4	33437933.00
AT-16	3.684	LRFD	-19321462.6	50266154.63
AT-16	3.684	ASD	-13851197.3	33443881.99
AT-2	4.161	LRFD	-4029942.59	50127000.91
AT-2	4.161	ASD	-2903399.52	33351298.01
AT-26	3.517	LRFD	-25043247.7	50310884.63
AT-26	3.517	ASD	-17732074.1	33473642.47
AT-27	3.509	LRFD	-25461897.1	50313122.39
AT-27	3.509	ASD	-17998052.4	33475131.33
AT-28	3.506	LRFD	-25736036.2	50313962.13
AT-28	3.506	ASD	-18163645	33475690.04
AT-29	3.503	LRFD	-25822959.1	50314615.61
AT-29	3.503	ASD	-18203386.1	33476124.82
AT-3	4.082	LRFD	-5563203.55	50151249.82
AT-3	4.082	ASD	-4010705.75	33367431.69
AT-30	3.500	LRFD	-25674550	50315454.01
AT-30	3.500	ASD	-18088307	33476682.64
AT-4	4.082	LRFD	-6833240.81	50151249.82
AT-4	4.082	ASD	-4929112.53	33367431.69
AT-5	4.007	LRFD	-8252700.29	50173838.03
AT-5	4.007	ASD	-5952019.82	33382460.43
AT-6	3.982	LRFD	-9556717.81	50180998.96
AT-6	3.982	ASD	-6891322.13	33387224.86
AT-7	3.959	LRFD	-10682811.5	50187973.39
AT-7	3.959	ASD	-7702067.44	33391865.20
AT-8	3.913	LRFD	-11818209.8	50201366.86
AT-8	3.913	ASD	-8517385.86	33400776.36
AT-9	3.869	LRFD	-12990057.4	50214020.78
AT-9	3.869	ASD	-9356971.64	33409195.46

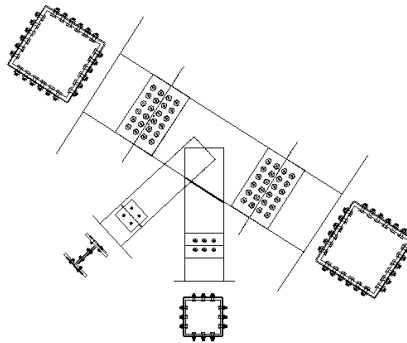
Tabel 7. 4: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Rangka
Busur Atas 2

	Panjang Bentang		Momen Ultimate	Kekuatan Lentur Nominal	Geser Ultimate	Kekuatan Geser Nominal
Frame	Lb		M3	Mn'	V2	Vn'
	m		Nm	Nm	N	N
AT-1	4.188	LRFD	-518203.34	16501113.22	-465514.33	17712000.00
AT-1	4.188	ASD	-368830.83	10978784.57	-331374.71	11808000.00
AT-14	3.717	LRFD	232992.64	16501113.22	-165441.13	17712000.00
AT-14	3.717	ASD	167388.95	10978784.57	-113782.91	11808000.00
AT-15	3.700	LRFD	239855.95	16501113.22	-80139.16	17712000.00
AT-15	3.700	ASD	171703.27	10978784.57	-52579.29	11808000.00
AT-16	3.684	LRFD	110640.32	16501113.22	-31940.21	17712000.00
AT-16	3.684	ASD	78767.75	10978784.57	-17976.95	11808000.00
AT-2	4.161	LRFD	-706518.94	16501113.22	-20006.18	17712000.00
AT-2	4.161	ASD	-504004.59	10978784.57	-10830.26	11808000.00
AT-26	3.517	LRFD	452316.86	16501113.22	-71242.02	17712000.00
AT-26	3.517	ASD	308982.32	10978784.57	-42201.81	11808000.00
AT-27	3.509	LRFD	665932.06	16501113.22	-123188.46	17712000.00
AT-27	3.509	ASD	455991.45	10978784.57	-78416.77	11808000.00
AT-28	3.506	LRFD	680037.77	16501113.22	-56694.6	17712000.00
AT-28	3.506	ASD	461025.15	10978784.57	-31236.39	11808000.00
AT-29	3.503	LRFD	318026.68	16501113.22	76845.12	17712000.00
AT-29	3.503	ASD	203894.48	10978784.57	61457.32	11808000.00
AT-3	4.082	LRFD	-449646.72	16501113.22	-126828.31	17712000.00
AT-3	4.082	ASD	-319352.31	10978784.57	-87552.68	11808000.00
AT-30	3.500	LRFD	1126389.46	16501113.22	-243891.07	17712000.00
AT-30	3.500	ASD	780178.54	10978784.57	-168135.52	11808000.00
AT-4	4.082	LRFD	-553490.05	16501113.22	-42367.71	17712000.00
AT-4	4.082	ASD	-393773.67	10978784.57	-26830.37	11808000.00
AT-5	4.007	LRFD	-284526.97	16501113.22	-136087.6	17712000.00
AT-5	4.007	ASD	-200970.84	10978784.57	-93957.87	11808000.00
AT-6	3.982	LRFD	-255721.94	16501113.22	-80650.11	17712000.00
AT-6	3.982	ASD	-180046.4	10978784.57	-54224.04	11808000.00
AT-7	3.959	LRFD	-306467.4	16501113.22	-52409.29	17712000.00
AT-7	3.959	ASD	-216310.69	10978784.57	-33885.33	11808000.00
AT-8	3.913	LRFD	-202695.25	16501113.22	-92624.74	17712000.00
AT-8	3.913	ASD	-142320.56	10978784.57	-62492.74	11808000.00
AT-9	3.869	LRFD	-27259.24	16501113.22	-118813.38	17712000.00
AT-9	3.869	ASD	-16901.22	10978784.57	-81169.37	11808000.00

7.4.9 Sambungan Rangka Busur Atas AT-29

a. Data Perencanaan

Profil Busur Atas		=	BOX 900.900.40
D baut (M36)	db	=	36
D lubang		=	44
Gaya tarik minimum (Tb)		=	595000 N
Bidang Geser	ns	=	1
Koefisien gesek	μ	=	0.5 (permukaan B)
	hf	=	1
	Du	=	1.13 (AISC-2016 J3-8)



Gambar 7. 3: Detail Sambungan Busur Atas

b. Kuat Rencana Baut Tipe Gesek

$$\begin{aligned}
 Rn &= \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s \\
 &= 0.5 \times 1.13 \times 1 \times 595000 \times 1 \\
 &= 336175. N
 \end{aligned}$$

c. Jumlah Baut

LRFD ($\phi = 1$)	ASD ($\Omega = 1.5$)
$R_u = 25822959.10 \text{ N}$	$R_u = 18203386.10 \text{ N}$
Jumlah Baut :	Jumlah Baut :
$n = \frac{R_u}{\phi \cdot R_n}$	$n = \frac{R_u}{\left(\frac{R_n}{\Omega}\right)}$
$= \frac{25822959.10}{336175.00}$	

$$= 76.81 = 77 \text{ buah}$$

$$= \frac{18203386.1}{224116.67}$$

$$= 81.22 = 82 \text{ buah}$$

Jadi Digunakan Baut M36 dengan minimal sejumlah 82 buah

d. Jarak Pemasangan Baut

Jarak Tepi $S_1 = 100$

$$\text{Syarat} = 1,5 \cdot d_b < S_1 < (4 \cdot t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$54 < 100 < 180 \text{ (Memenuhi)}$$

Jarak Antar baut $S = 120$

$$\text{Syarat} = (2 + \frac{2}{3}) \cdot d_b < S_1 < 15 \cdot t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$96 < 120 < 200 \text{ (Memenuhi)}$$

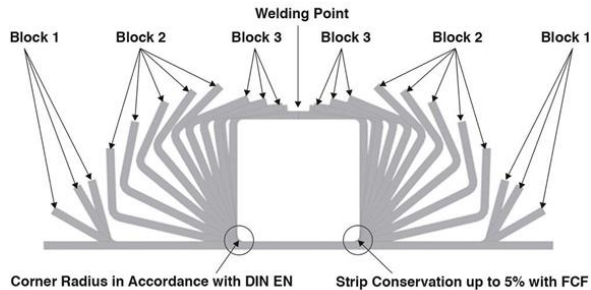
e. Rekapitulasi Jumlah Baut Rangka Busur Atas

Tabel 7. 5:Rekapitulasi Jumlah Baut Rangka Busur Atas

Frame	Ru		Kekuatan Baut Nominal	Jumlah Baut Yang Dibutuhkan
			Rn'	n
	N		N	buah
AT-1	-3016738.82	LRFD	336175.00	9.00
AT-1	-2166877.78	ASD	224116.67	10.00
AT-14	-17714826.1	LRFD	336175.00	53.00
AT-14	-12720111.4	ASD	224116.67	57.00
AT-15	-18590492.4	LRFD	336175.00	56.00
AT-15	-13338172.2	ASD	224116.67	60.00
AT-16	-19321462.6	LRFD	336175.00	58.00
AT-16	-13851197.3	ASD	224116.67	62.00
AT-2	-4029942.59	LRFD	336175.00	12.00
AT-2	-2903399.52	ASD	224116.67	13.00
AT-26	-25043247.7	LRFD	336175.00	75.00
AT-26	-17732074.1	ASD	224116.67	80.00
AT-27	-25461897.1	LRFD	336175.00	76.00
AT-27	-17998052.4	ASD	224116.67	81.00
AT-28	-25736036.2	LRFD	336175.00	77.00
AT-28	-18163645	ASD	224116.67	82.00
AT-29	-25822959.1	LRFD	336175.00	77.00
AT-29	-18203386.1	ASD	224116.67	82.00
AT-3	-5563203.55	LRFD	336175.00	17.00
AT-3	-4010705.75	ASD	224116.67	18.00

Frame	Kekuatan Baut Nominal		Jumlah Baut Yang Dibutuhkan	
	Ru	Rn'	n	
	N	N	buah	
AT-30	-25674550	LRFD	336175.00	77.00
AT-30	-18088307	ASD	224116.67	81.00
AT-4	-6833240.81	LRFD	336175.00	21.00
AT-4	-4929112.53	ASD	224116.67	22.00
AT-5	-8252700.29	LRFD	336175.00	25.00
AT-5	-5952019.82	ASD	224116.67	27.00
AT-6	-9556717.81	LRFD	336175.00	29.00
AT-6	-6891322.13	ASD	224116.67	31.00
AT-7	-10682811.5	LRFD	336175.00	32.00
AT-7	-7702067.44	ASD	224116.67	35.00
AT-8	-11818209.8	LRFD	336175.00	36.00
AT-8	-8517385.86	ASD	224116.67	39.00
AT-9	-12990057.4	LRFD	336175.00	39.00
AT-9	-9356971.64	ASD	224116.67	42.00

f. Sambungan Las



Gambar 7. 4: Detail Sambungan Busur Atas

LRFD ($\phi = 0.75$)	ASD ($\Omega = 2$)
$R_u = 25822959.10 \text{ Nm}$	$R_u = 203894.48 \text{ Nm}$
$t_e = a = 23 \text{ mm}$	$t_e = a = 24 \text{ mm}$
$L_{w1} = 3500 \text{ mm}$	$L_{w1} = 3500 \text{ mm}$
$R_{nw} = \phi \times t_e \times 0.9 \times f_{uw}$	$R_{nw} = \phi \times t_e \times 0.9 \times f_{uw}$
$= 0.75 \times 23 \times 0.9 \times 490$	$= \frac{1}{2} \times 24 \times 0.9 \times 490$
$= 7607 \text{ N}$	

$$Lw_2 = \frac{Ru}{Rnw} < Lw_1$$
$$= \frac{25822959.10}{7607} < 3500$$
$$= 3394.5 < 3500$$

(Memenuhi)

$$= 5292 \text{ N}$$
$$Lw_2 = \frac{Ru}{Rnw} < Lw_1$$
$$= \frac{203894.48}{5292} < 3500$$
$$= 3439.8 < 3500$$

(Memenuhi)

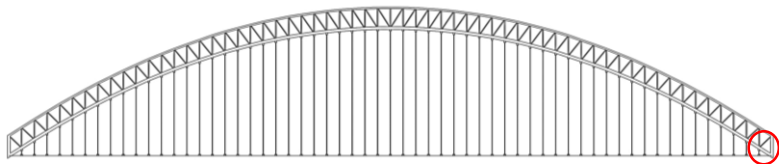
Syarat : (t = 40)

8 mm < 24 mm < (40 – 1.6)

8 mm < 24 mm < 38.4 (Memenuhi)

7.5 Perencanaan Rangka Busur Bawah

7.5.1 Frame AB-1



Gambar 7. 5: Letak Frame AB-1

Tabel 7. 6: Hasil Output SAP Untuk Rangka Busur Bawah

TABLE: Element Forces - Frames						
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2
Text	m	Text	N	N	N	N-m
AB-1	4.188	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	-45503984	448955.39	78683.7	224986.70
AB-1	4.188	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	-32453768	630016.99	101786.5	296877.30

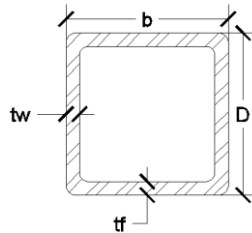
7.5.2 Hasil Analisa Gaya Dalam

Dari hasil analisa gaya dalam menggunakan SAP2000 yang terjadi pada frame sebagai berikut:

LRFD	ASD
B = 4.188 m	B = 4.188 m
Pu = -36503984 N	Pu = -23453768 N
M(U) = -1831169.57 Nm	M(U) = -1308387.47 Nm
V(U) = 630016.99 Nm	V(U) = 448955.39 Nm

7.5.3 Detail Profil BOX 1100 900 40

Struktur direncanakan memakai profil BOX 1100.900.40 dengan data profil sebagai berikut :



Gambar 7. 6: Profil BOX Rangka Busur Bawah

D	=	1100.0	mm	I _x	=	2508269.9	cm ⁴
B	=	900.0	mm	I _y	=	1923739.7	cm ⁴
T _f	=	40.0	mm	i _x	=	40.4	cm
T _w	=	40.0	mm	i _y	=	35.4	cm
R	=	28.0	mm	S _x	=	45604.9	cm ³
A	=	1536.0	cm ²	S _y	=	42749.8	cm ³
W	=	1205.8	W	Z _x	=	59356.9	cm ³
				Z _y	=	51598.5	cm ³

7.5.4 Klasifikasi Penampang

Pada perencanaan ini sesuai dengan AISC-2016 B4 untuk mengklasifikasikan jenis penampangnya sebagai berikut :

a. Kontrol Penampang Terhadap Gaya Aksial

$$\frac{b}{t} < 1,4 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{1100}{40} < 1,4 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$22.5 < 30.92 \text{ (Memenuhi)}$$

a. Penampang Terhadap Lentur

$$\frac{b}{t} < 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{1100}{40} < 1,12 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$22.5 < 24.74 \text{ (Kompak)}$$

Maka, Penampang Kompak $M_n = M_p$

Dikarenakan penampang kompak maka tidak dilakukan Kontrol Tekuk Lokal Badan dikarenakan sesuai AISC-2016 F7 keadaan batas dari tekuk lokal sayap dan tekuk lokal badan tidak diterapkan.

7.5.5 Analisa Komponen Struktur Tekan

Dikarenakan komponen yang ditinjau merupakan komponen struktur tekan maka pada perencanaannya sesuai dengan AISC-2016 E sebagai berikut :

$$L = 4188.08 \text{ mm}$$

$$K = 1$$

$$L_k = k_c \times L$$

$$= 4188.08 \text{ mm}$$

$$r = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$= 353.90 \text{ mm}$$

a. Kontrol kelangsingan

Kontrol kelangsingan sesuai dengan AISC-2016 E2 sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{L_k}{r} < 200$$

$$\lambda = \frac{4188.08}{342.47} < 200$$

$$11.83 < 200 \text{ (Memenuhi)}$$

b. Kontrol Kuat Tekan Nominal

Kontrol kuat tekan nominal sesuai dengan AISC-2016 E3 sebagai berikut :

$$\frac{L_k}{r} \sim 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{4188.08}{353.90} \sim 4.71 \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$11.83 \leq 104.03$$

Nilai $\frac{L_k}{r} < 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ sehingga digunakan rumus Tegangan Kritis

$f_{cr} = \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}}\right) \times f_y$, maka :

$$\begin{aligned} f_e &= \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K \times L}{r}\right)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 200000}{\left(\frac{4188.08}{353.90}\right)^2} \\ &= 14094.67 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cr} &= \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}}\right) \times f_y \\ &= \left(0,658^{\frac{410}{14094.67}}\right) \times 410 \\ &= 12361.02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= f_{cr} \times A_g \\ &= 12361.02 \times 153600 \\ &= 62213902.36 \text{ N} \end{aligned}$$

LRFD ($\phi = 0,9$)	ASD ($\Omega = 1,67$)
$P_u < \phi \times P_n$	$P_u < \frac{P_n}{\Omega}$
36503984 < 55992512.12	23453768 < 37253833.75
(Memenuhi)	

(Memenuhi)

Maka, Profil BOX 1100.900.40 dapat menahan gaya tekan yang terjadi pada Rangka Busur bawah.

7.5.6 Analisa Desain Komponen Struktur Lentur

a. Kontrol Kelelahan

Kontrol kelelahan sesuai dengan AISC-2016 F7 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol kelelahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \cdot f_y \\ &= (59356.9 \times 1000) \times 410 \\ &= 24336314.24 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

LRFD ($\phi = 0,9$)	ASD ($\Omega = 1,67$)
$M_u < \phi \cdot M_n$	$M_u < \frac{M_n}{\Omega}$
1831169.57	
< 21902682.82	1308387.47 < 14572643.26
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil BOX 1100.900.40 dapat menahan momen yang terjadi pada Rangka Busur Bawah.

b. Kontrol Tekuk Torsi Lateral

Kontrol tekuk torsi lateral ini sesuai dengan AISC-2016 F7 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol tekuk torsi lateralnya sebagai berikut :

Jarak Antara Gelagar Memanjang = $L_b = 4188.08 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} J_c &= \frac{b \times t_f^3 + (h - t_f) \times t_w^3}{3} \\ &= 61013333.33 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 0,13 \times E \times r_y \times \sqrt{\frac{J \times A_g}{M_p}} \\ &= 1.13 \times 200000 \times 354 \times \sqrt{\frac{61013333.33 \times 153600}{24336314.24}} \\ &= 1157.45 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_r &= 2 \times E \times r_y \frac{\sqrt{J \times A_g}}{0.7 \times f_y \times S_x} \\
 &= 2 \times 200000 \times 354 \frac{\sqrt{561013333.33 \times 153600}}{0.7 \times 410 \times 4560490} \\
 &= 33109.46 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$L_p < L_b < L_r$$

$$1157.45 < 4188.08 < 33109.46$$

Maka, termasuk dalam Bentang Menengah $L_p \leq L \leq L_r$

Bentang Menengah $L_p \leq L \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times f_y \times S_x) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \cdot f_y \\
 &= (59356.9 \times 1000) \times 410 \\
 &= 24336314.24 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

LRFD	ASD
$R_A = \frac{1}{2} \cdot P_u$ $= 630016.99 \text{ N}$ $MA = MC = 659640388.87 \text{ Nm}$ $MB = M_{max}$ $= 1831169570 \text{ Nm}$ $C_b = \frac{12.5 \cdot M_{max}}{2.5 \cdot M_{max} + 3M_A + 4M_B + 4M_C}$ $= 1.44318903$ $M_n = \frac{1}{b} \left[M_p - (M_p - 0.7 \times f_y \times S_x) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right]$ $\leq M_p$ $= 33582254228.21 \text{ Nmm}$	$R_A = \frac{1}{2} \cdot P_u$ $= 448955.39 \text{ N}$ $MA = MC = 470065272.44 \text{ Nm}$ $MB = M_{max} = 1308387470 \text{ Nm}$ $C_b = \frac{12.5 \cdot M_{max}}{2.5 \cdot M_{max} + 3M_A + 4M_B + 4M_C}$ $= 1.44414773$ $M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times f_y \times S_x) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$ $= 33604562659.18 \text{ Nmm}$
LRFD ($\phi = 0.9$)	ASD ($\Omega = 1.67$)
$M_u < \phi \cdot M_n$ $1831169.57 < 30224028.81$ (Memenuhi)	$M_u < \frac{M_n}{\Omega}$ $1308387.47 < 20122492.61$ (Memenuhi)

Maka, Profil BOX 1100.900.40 dapat menahan momen yang terjadi pada Rangka Busur Bawah.

7.5.7 Analisa Desain Komponen Struktur Geser

Kontrol kuat geser ini sesuai dengan AISC-2016 G4 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol kuat gesernya sebagai berikut :

$$A_w = 2 \times h \times t$$

$$= 2 \times 1100 \times 40$$

$$= 88000.00 \text{ mm}^2$$

$$C_v = 1 \text{ (AISC - 2016 G2 - 2 (1 - 71))}$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 410 \times 88000 \times 1$$

$$= 21648000.00 \text{ N}$$

LRFD ($\phi = 1$)	ASD ($\Omega = 1,5$)
$V_u < \phi \cdot V_n$	$V_u < \frac{V_n}{\Omega}$
630016.99 < 21648000	448955.39 < 14432000
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil BOX 1100.900.40 dapat menahan gaya geser yang terjadi pada Rangka Busur Bawah.

7.5.8 Rekapitulasi Analisa Perencanaan Rangka Busur Bawah

Tabel 7. 7: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Rangka Busur Bawah 1

	Panjang Bentang		Gaya Aksial Ultimate	Kekuatan Aksial Nominal
Frame	Lb		P	Pn'
	m		N	N
AB-1	4.188	ASD	-23453768.00	37253833.75
AB-1	4.188	LRFD	-36503984.00	55992512.12
AB-2	4.161	ASD	-35160800.00	56137574.74
AB-2	4.161	LRFD	-22478346.70	37350349.13
AB-3	4.082	ASD	-33190005.00	56142349.25
AB-3	4.082	LRFD	-21057566.50	37353525.78
AB-4	4.082	ASD	-31391660.00	56146927.74
AB-4	4.082	LRFD	-19761473.90	37356572.02
AB-5	4.007	ASD	-29536833.00	56001355.28
AB-5	4.007	LRFD	-18426902.50	37259717.42
AB-6	3.982	ASD	-27741114.00	56193715.56
AB-6	3.982	LRFD	-17135566.60	37387701.64
AB-7	3.959	ASD	-26115391.00	56196056.19
AB-7	3.959	LRFD	-15966950.20	37389258.94
AB-8	3.913	ASD	-24558531.00	56196934.54
AB-8	3.913	LRFD	-14849510.40	37389843.34
AB-9	3.869	ASD	-22983075.00	56197618.06
AB-9	3.869	LRFD	-13720551.60	37390298.11
AB-14	3.717	ASD	-16341114.90	56026724.57
AB-14	3.717	LRFD	-8982187.90	37276596.52
AB-15	3.700	ASD	-15094631.40	56198495.00
AB-15	3.700	LRFD	-8097963.50	37390881.57
AB-27	3.509	ASD	-5548413.90	56057847.15
AB-27	3.509	LRFD	-1508587.60	37297303.49
AB-28	3.506	ASD	-5058229.30	56065143.39
AB-28	3.506	LRFD	-1192056.00	37302157.95
AB-29	3.503	ASD	-4765760.30	56079154.70
AB-29	3.503	LRFD	-1013057.00	37311480.17
AB-30	3.500	ASD	-4657961.20	56092392.12
AB-30	3.500	LRFD	-957800.44	37320287.51

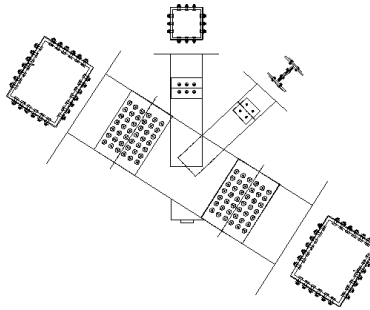
Tabel 7. 8: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Rangka
Busur Bawah 2

	Panjang Bentang		Momen Ultimate	Kekuatan Lentur Nominal	Geser Ultimate	Kekuatan Geser Nominal
Frame	Lb		M3	Mn'	V2	Vn'
	m		Nm	Nm	N	N
AB-1	4.188	LRFD	-1308387.47	14572643.26	448955.39	14432000.00
AB-1	4.188	ASD	-1831169.57	21902682.82	630016.99	21648000.00
AB-2	4.161	ASD	-1862220.76	21902682.82	-6835.31	21648000.00
AB-2	4.161	LRFD	-1326335.31	14572643.26	-2414.45	14432000.00
AB-3	4.082	ASD	-796850.65	21902682.82	-303724.85	21648000.00
AB-3	4.082	LRFD	-565260.86	14572643.26	-213562.61	14432000.00
AB-4	4.082	ASD	-1423459.04	21902682.82	104046.73	21648000.00
AB-4	4.082	LRFD	-1010678.78	14572643.26	77241.01	14432000.00
AB-5	4.007	ASD	-752046.8	21902682.82	-218691.7	21648000.00
AB-5	4.007	LRFD	-531277.38	14572643.26	-152691.8	14432000.00
AB-6	3.982	ASD	-613945.09	21902682.82	-96822.54	21648000.00
AB-6	3.982	LRFD	-431827.54	14572643.26	-65822.45	14432000.00
AB-7	3.959	ASD	-755693.7	21902682.82	-18850.4	21648000.00
AB-7	3.959	LRFD	-532137.73	14572643.26	-10107.92	14432000.00
AB-8	3.913	ASD	-636877.38	21902682.82	-85512.41	21648000.00
AB-8	3.913	LRFD	-447142.42	14572643.26	-57441.29	14432000.00
AB-9	3.869	ASD	-252763.01	21902682.82	-165113.42	21648000.00
AB-9	3.869	LRFD	-173213.42	14572643.26	-114051.97	14432000.00
AB-14	3.717	ASD	184125.43	21902682.82	-212146.85	21648000.00
AB-14	3.717	LRFD	136899.63	14572643.26	-146501.57	14432000.00
AB-15	3.700	ASD	306846.56	21902682.82	-111789.2	21648000.00
AB-15	3.700	LRFD	224053.34	14572643.26	-75138.34	14432000.00
AB-26	3.517	ASD	1534666.41	21902682.82	-77653.25	21648000.00
AB-26	3.517	LRFD	1069834.92	14572643.26	-43033.51	14432000.00
AB-27	3.509	ASD	2102510.26	21902682.82	-217358.48	21648000.00
AB-27	3.509	LRFD	1457417.46	14572643.26	-140858.95	14432000.00
AB-28	3.506	ASD	2274739.05	21902682.82	-96073.39	21648000.00
AB-28	3.506	LRFD	1558724.72	14572643.26	-53275.09	14432000.00
AB-29	3.503	ASD	2102807.51	21902682.82	24858.21	21648000.00
AB-29	3.503	LRFD	1414516.89	14572643.26	32303.25	14432000.00
AB-30	3.500	ASD	3463651.66	21902682.82	-394241.46	21648000.00
AB-30	3.500	LRFD	2384657.48	14572643.26	-273984.05	14432000.00

7.5.9 Sambungan Rangka Busur Bawah AB-1

a. Data Perencanaan

Profil Busur Bawah		= BOX 1100.900.40
D baut (M36)	db	= 36
D lubang		= 44
Gaya tarik minimum (Tb)		= 595000 N
Bidang Geser	ns	= 1
Koefisien gesek	μ	= 0.5 (permukaan B)
	hf	= 1
	Du	= 1.13 (AISC-2016 J3-8)



Gambar 7. 7: Detail Sambungan Busur Bawah

b. Kuat Rencana Baut Tipe Gesek

$$\begin{aligned}
 Rn &= \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s \\
 &= 0.5 \times 1.13 \times 1 \times 595000 \times 1 \\
 &= 336175. N
 \end{aligned}$$

c. Jumlah Baut

LRFD ($\phi = 1$)	ASD ($\Omega = 1.5$)
$R_u = 36503984 \text{ Nm}$	$R_u = 23453768 \text{ Nm}$
Jumlah Baut :	Jumlah Baut :
$n = \frac{R_u}{\phi \cdot Rn}$	$n = \frac{R_u}{\left(\frac{Rn}{\Omega}\right)}$
$= \frac{36503984}{336175.00}$	$= \frac{23453768}{224116.67}$

$$= 104.65 = 105 \text{ buah} \quad = 108.59 = 109 \text{ buah}$$

Jadi Digunakan Baut M36 dengan minimal sejumlah 141 buah

d. Jarak Pemasangan Baut

Jarak Tepi $S_1 = 100$

$$\text{Syarat} = 1,5 \cdot d_b < S_1 < (4 \cdot t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$54 < 100 < 180 \text{ (Memenuhi)}$$

Jarak Antar baut $S = 120$

$$\text{Syarat} = (2 + \frac{2}{3}) \cdot d_b < S_1 < 15 \cdot t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$96 < 120 < 200 \text{ (Memenuhi)}$$

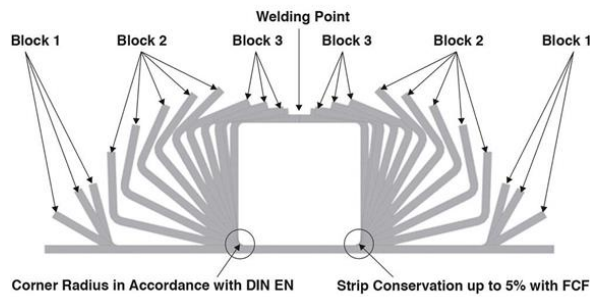
e. Rekapitulasi Jumlah Baut Rangka Busur Bawah

Tabel 7. 9:Rekapitulasi Jumlah Baut Rangka Busur Bawah

Frame	Kekuatan Baut		Jumlah Baut Yang	
	Nominal		Dibutuhkan	
	Ru	Rn'	n	
	N	N		buah
AB-1	-23453768.00	ASD	336175.00	105.00
AB-1	-36503984.00	LRFD	224116.67	109.00
AB-2	-35160800.00	ASD	336175.00	105.00
AB-2	-22478346.70	LRFD	224116.67	101.00
AB-3	-33190005.00	ASD	336175.00	99.00
AB-3	-21057566.50	LRFD	224116.67	94.00
AB-4	-31391660.00	ASD	336175.00	94.00
AB-4	-19761473.90	LRFD	224116.67	89.00
AB-5	-29536833.00	ASD	336175.00	88.00
AB-5	-18426902.50	LRFD	224116.67	83.00
AB-6	-27741114.00	ASD	336175.00	83.00
AB-6	-17135566.60	LRFD	224116.67	77.00
AB-7	-26115391.00	ASD	336175.00	78.00
AB-7	-15966950.20	LRFD	224116.67	72.00
AB-8	-24558531.00	ASD	336175.00	74.00
AB-8	-14849510.40	LRFD	224116.67	67.00
AB-9	-22983075.00	ASD	336175.00	69.00
AB-9	-13720551.60	LRFD	224116.67	62.00
AB-14	-16341114.90	ASD	336175.00	49.00
AB-14	-8982187.90	LRFD	224116.67	41.00
AB-15	-15094631.40	ASD	336175.00	45.00
AB-15	-8097963.50	LRFD	224116.67	37.00

Frame	Kekuatan Baut		Jumlah Baut Yang	
	Nominal		Dibutuhkan	
	Ru	Rn'	n	
	N	N	buah	
AB-16	-13989524.30	ASD	336175.00	42.00
AB-16	-7316381.20	LRFD	224116.67	33.00
AB-26	-6076233.30	ASD	336175.00	19.00
AB-26	-1852066.50	LRFD	224116.67	9.00
AB-27	-5548413.90	ASD	336175.00	17.00
AB-27	-1508587.60	LRFD	224116.67	7.00
AB-28	-5058229.30	ASD	336175.00	16.00
AB-28	-1192056.00	LRFD	224116.67	6.00
AB-29	-4765760.30	ASD	336175.00	15.00
AB-29	-1013057.00	LRFD	224116.67	5.00
AB-30	-4657961.20	ASD	336175.00	14.00
AB-30	-957800.44	LRFD	224116.67	5.00

g. Sambungan Las



Gambar 7. 8: Detail Sambungan Busur Atas

LRFD ($\phi = 0.75$)	ASD ($\Omega = 2$)
$Ru = 36503984.00 \text{ Nm}$	$Ru = 23453768.00 \text{ Nm}$
$te = a = 27 \text{ mm}$	$te = a = 26 \text{ mm}$
$Lw_1 = 4188.08 \text{ mm}$	$Lw_1 = 4188.08 \text{ mm}$
$Rnw = \phi \times te \times 0.9 \times fuw$	$Rnw = \phi \times te \times 0.9 \times fuw$
$= 0.75 \times 27 \times 0.9 \times 490$	$= \frac{1}{2} \times 28 \times 0.9 \times 490$
$= 7607 \text{ N}$	$= 5292 \text{ N}$
$Lw_2 = \frac{Ru}{Rnw} < Lw_1$	$Lw_2 = \frac{Ru}{Rnw} < Lw_1$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{36503984.00}{7607} < 4188.08 \\
 &= 4091.0 < 4188.08 \\
 &\quad \text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}
 \qquad
 \begin{aligned}
 &= \frac{23453768.00}{5292} < 4188.08 \\
 &= 4087.7 < 4188.08 \\
 &\quad \text{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

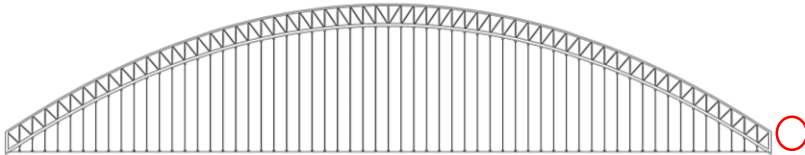
Syarat : ($t = 40$)

$$8 \text{ mm} < 27 \text{ mm} < (40 - 1.6)$$

$$8 \text{ mm} < 27 \text{ mm} < 38.4 \text{ (Memenuhi)}$$

7.6 Perencanaan Rangka Busur Vertikal

7.6.1 Frame AV-1



Gambar 7. 9: Letak Frame AV-1

Tabel 7. 10: Hasil Output SAP Untuk Rangka Busur Vertikal

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	N	N	N	N-m	N-m
AV-1	5.5	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	-3194945.99	-1140258.53	-284179.83	226327.23	2647744.16
AV-1	5.5	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	-2313104.77	-816557.98	-198569	208413.49	1901454.3

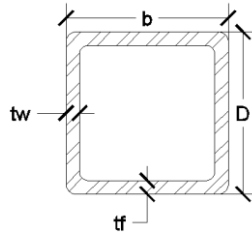
7.6.2 Hasil Analisa Gaya Dalam

Dari hasil analisa gaya dalam menggunakan SAP2000 yang terjadi pada frame sebagai berikut:

LRFD	ASD
B = 5.5 m	B = 5.5 m
Pu = -3194945.99 N	Pu = -2313104.77 N
M(U) = 2647744.16 Nm	M(U) = 1901454.3 Nm
V(U) = -1140258.53 Nm	V(U) = -816557.98 Nm

7.6.3 Detail Profil BOX 500 500 28

Struktur direncanakan memakai profil W 500.500.28 dengan data profil sebagai berikut :



Gambar 7. 10: Profil BOX Rangka Busur Vertikal

D	=	500.0	mm	I _x	=	192150.5	cm ⁴
B	=	500.0	mm	I _y	=	192150.5	cm ⁴
T _f	=	28.0	mm	i _x	=	19.1	cm
T _w	=	28.0	mm	i _y	=	19.1	cm
R	=	28.0	mm	S _x	=	7686.0	cm ³
A	=	528.6	cm ²	S _y	=	7686.0	cm ³
W	=	415.0	W	Z _x	=	9531.0	cm ³
				Z _y	=	9531.0	cm ³

7.6.4 Klasifikasi Penampang

Pada perencanaan ini sesuai dengan AISC-2016 B4 untuk mengklasifikasikan jenis penampangnya sebagai berikut :

b. Kontrol Penampang Terhadap Gaya Aksial

$$\frac{b}{t} < 1,4 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{500}{28} < 1,4 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$17.86 < 30.92 \text{ (Memenuhi)}$$

b. Penampang Terhadap Lentur

$$\frac{b}{t} < 1,12x \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{500}{28} < 1,12x \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$17.86 < 24.74 \text{ (Kompak)}$$

Maka, Penampang Kompak $M_n = M_p$

Dikarenakan penampang kompak maka tidak dilakukan Kontrol Tekuk Lokal Badan dikarenakan sesuai AISC-2016 F7 keadaan batas dari tekuk lokal sayap dan tekuk lokal badan tidak diterapkan.

7.6.5 Analisa Komponen Struktur Tekan

Dikarenakan komponen yang ditinjau merupakan komponen struktur tekan maka pada perencanaannya sesuai dengan AISC-2016 E sebagai berikut :

$$L = 4188.08 \text{ mm}$$

$$K = 1$$

$$\begin{aligned} Lk &= kc \times L \\ &= 5500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{I_y}{A}} \\ &= 190.65 \text{ mm} \end{aligned}$$

a. Kontrol kelangsingan

Kontrol kelangsingan sesuai dengan AISC-2016 E2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{Lk}{r} < 200 \\ \lambda &= \frac{5500}{190.65} < 200 \\ 28.85 &< 200 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

b. Kontrol Kuat Tekan Nominal

Kontrol kuat tekan nominal sesuai dengan AISC-2016 E3 sebagai berikut :

$$\frac{L_k}{r} \sim 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{5500}{190.65} \sim 4.71 \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$28.85 \leq 104.03$$

Nilai $\frac{L}{r} < 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ sehingga digunakan rumus Tegangan Kritis

$f_{cr} = \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}}\right) \times f_y$, maka :

$$f_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K \times L}{r}\right)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 \times 200000}{\left(\frac{5500}{190.65}\right)^2}$$

$$= 2371.84 \text{ Mpa}$$

$$f_{cr} = \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}}\right) \times f_y$$

$$= \left(0,658^{\frac{410}{2371.84}}\right) \times 410$$

$$= 2080.11$$

$$P_n = f_{cr} \times A_g$$

$$= 2080.11 \times 52860$$

$$= 20161467.79 \text{ N}$$

LRFD ($\phi = 0,9$)	ASD ($\Omega = 1,67$)
$P_u < \phi \times P_n$	$P_u < \frac{P_n}{\Omega}$
3194945.99	
< 18145321.01	2313104.77 < 12072735.20

(Memenuhi)	(Memenuhi)
Maka, Profil BOX 500.500.28 dapat menahan gaya tekan yang terjadi pada Rangka Busur Vertikal.	

7.6.6 Analisa Desain Komponen Struktur Lentur

a. Kontrol Kelelahan

Kontrol kelelahan sesuai dengan AISC-2016 F7 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol kelelahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_p = Z_x \cdot f_y \\
 &= (9531.0 \times 1000) \times 410 \\
 &= 3907700.16 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

LRFD ($\phi = 0,9$)	ASD ($\Omega = 1,67$)
$M_u < \phi \cdot M_n$	$M_u < \frac{M_n}{\Omega}$
2647744.16 < 3516930.14	1901454.3 < 2339940.22
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil BOX 500.500.28 dapat menahan momen yang terjadi pada Rangka Busur Vertikal.

b. Kontrol Tekuk Torsi Lateral

Kontrol tekuk torsi lateral ini sesuai dengan AISC-2016 F7 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol tekuk torsi lateralnya sebagai berikut :

Jarak Antara Gelagar Memanjang = $L_b = 5500 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 J_c &= \frac{b \times t^3 + (h - t_f) \times t_w^3}{3} \\
 &= 10771114.67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,13 \times E \times r_y \times \sqrt{\frac{J_c \times A_g}{M_p}} \\
 &= 0,13 \times 200000 \times 191 \times \sqrt{\frac{10771114.67 \times 52860}{3907700.16}} \\
 &= 957.20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_r &= 2 \times E \times r_y \frac{\sqrt{J \times A_g}}{0.7 \times f_y \times S_x} \\
 &= 2 \times 200000 \times 191 \frac{\sqrt{10771114.67 \times 52860}}{0.7 \times 410 \times 7686000} \\
 &= 26087.22 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$L_p < L_b < L_r$$

$$957.2 < 5500 < 26087.22$$

Maka, termasuk dalam Bentang Menengah $L_p \leq L \leq L_r$

Bentang Menengah $L_p \leq L \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times f_y \times S_x) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \cdot f_y \\
 &= (9531.0 \times 1000) \times 410 \\
 &= 3907700.16 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

LRFD	ASD
$R_A = \frac{1}{2} \cdot P_u$ $= 1140258.53 \text{ N}$ $MA = MC$ $= 1567855478.75 \text{ Nm}$ $MB = Mmax$ $= 2647744160 \text{ Nm}$ $C_b = \frac{12.5 \cdot M_{max}}{2.5 \cdot M_{max} + 3M_A + 4M_B + 4M_C}$ $= 1.24342404$ $M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times f_y \times S_x) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right]$ $\leq M_p$ $= 4476401523.50 \text{ Nmm}$	$R_A = \frac{1}{2} \cdot P_u$ $= 816557.98 \text{ N}$ $MA = MC = 1122767222.50 \text{ Nm}$ $MB = Mmax = 1901454300 \text{ Nm}$ $C_b = \frac{12.5 \cdot M_{max}}{2.5 \cdot M_{max} + 3M_A + 4M_B + 4M_C}$ $= 1.24466426$ $M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times f_y \times S_x) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$ $= 4480866383.85 \text{ Nmm}$
LRFD ($\phi = 0.9$)	ASD ($\Omega = 1.67$)
$M_u < \phi \cdot M_n$ $2647744.16 < 4028761.37$ (Memenuhi)	$M_u < \frac{M_n}{\Omega}$ $1901454.3 < 2683153.52$ (Memenuhi)

Maka, Profil BOX 500.500.28 dapat menahan momen yang terjadi pada Rangka Busur Vertikal.

7.6.7 Analisa Desain Komponen Struktur Geser

Kontrol kuat geser ini sesuai dengan AISC-2016 G4 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol kuat gesernya sebagai berikut :

$$A_w = 2 \times h \times t$$

$$= 2 \times 500 \times 28$$

$$= 28000.00 \text{ mm}^2$$

$$C_v = 1 \text{ (AISC – 2016 G2 – 2 (1 – 71))}$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 410 \times 28000 \times 1$$

$$= 6888000.00 \text{ N}$$

LRFD ($\phi = 1$)	ASD ($\Omega = 1,5$)
$V_u < \phi \cdot V_n$	$V_u < \frac{V_n}{\Omega}$
1140258.53 < 6888000	816557.98 < 4592000
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil BOX 500.500.28 dapat menahan gaya geser yang terjadi pada Rangka Busur Vertikal.

7.6.8 Rekapitulasi Analisa Perencanaan Rangka Busur Vertikal

Tabel 7. 11: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Rangka Busur Vertikal 1

Frame	Panjang Bentang		Gaya Aksial Ultimate	Kekuatan Aksial Nominal
	Lb m		P N	Pn' N
AV-1	5.5	LRFD	-3194945.99	18145321.01
AV-1	5.5	ASD	-2313104.77	12072735.20
AV-10	5.5	LRFD	-1324571.65	18145321.01
AV-10	5.5	ASD	-960947.51	12072735.20
AV-11	5.5	LRFD	-1145331.17	18145321.01
AV-11	5.5	ASD	-830516.69	12072735.20
AV-12	5.5	LRFD	-1201672.66	18145321.01
AV-12	5.5	ASD	-866725.12	12072735.20
AV-13	5.5	LRFD	-1085420.17	18145321.01
AV-13	5.5	ASD	-783563.41	12072735.20
AV-14	5.5	LRFD	-1059303.96	18145321.01
AV-14	5.5	ASD	-760324.12	12072735.20
AV-15	5.5	LRFD	-1040153.28	18145321.01
AV-15	5.5	ASD	-745661.5	12072735.20
AV-16	5.5	LRFD	-854364.67	18145321.01
AV-16	5.5	ASD	-610853.77	12072735.20
AV-17	5.5	LRFD	-752322.86	18145321.01
AV-17	5.5	ASD	-534841.35	12072735.20
AV-18	5.5	LRFD	-771502.01	18145321.01
AV-18	5.5	ASD	-546210.53	12072735.20
AV-19	5.5	LRFD	-705888.42	18145321.01
AV-19	5.5	ASD	-497612.58	12072735.20
AV-2	5.5	LRFD	-1162561.58	18145321.01
AV-2	5.5	ASD	-859577.89	12072735.20
AV-20	5.5	LRFD	-525957.93	18145321.01
AV-20	5.5	ASD	-366699.74	12072735.20
AV-21	5.5	LRFD	-427998.35	18145321.01
AV-21	5.5	ASD	-293895.88	12072735.20
AV-22	5.5	LRFD	-465072.33	18145321.01
AV-22	5.5	ASD	-317269.75	12072735.20
AV-23	5.5	LRFD	-185178.76	18145321.01

	Panjang Bentang		Gaya Aksial Ultimate	Kekuatan Aksial Nominal
Frame	Lb		P	Pn'
	m		N	N
AV-23	5.5	ASD	-114316.02	12072735.20
AV-24	5.5	LRFD	-390836.94	18145321.01
AV-24	5.5	ASD	-256190.09	12072735.20
AV-25	5.5	LRFD	-270898.72	18145321.01
AV-25	5.5	ASD	-166103.32	12072735.20
AV-26	5.5	LRFD	-50107.1	18145321.01
AV-26	5.5	ASD	-6791.67	12072735.20
AV-27	5.5	LRFD	1592.52	18145321.01
AV-27	5.5	ASD	29472.09	12072735.20
AV-28	5.5	LRFD	26200.94	18145321.01
AV-28	5.5	ASD	43025.1	12072735.20
AV-29	5.5	LRFD	348372.68	18145321.01
AV-29	5.5	ASD	259573.15	12072735.20
AV-3	5.5	LRFD	-2026457.8	18145321.01
AV-3	5.5	ASD	-1476333.76	12072735.20
AV-30	5.5	LRFD	820646.57	18145321.01
AV-30	5.5	ASD	574235.7	12072735.20
AV-4	5.5	LRFD	-1637262.58	18145321.01
AV-4	5.5	ASD	-1197627.51	12072735.20
AV-5	5.5	LRFD	-1855104.91	18145321.01
AV-5	5.5	ASD	-1349787.22	12072735.20
AV-6	5.5	LRFD	-1685566.97	18145321.01
AV-6	5.5	ASD	-1227630.09	12072735.20
AV-7	5.5	LRFD	-1462462.98	18145321.01
AV-7	5.5	ASD	-1066406.25	12072735.20
AV-8	5.5	LRFD	-1460706.36	18145321.01
AV-8	5.5	ASD	-1061955.82	12072735.20
AV-9	5.5	LRFD	-1492758.22	18145321.01
AV-9	5.5	ASD	-1082358.62	12072735.20

Tabel 7. 12: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Rangka Busur Vertikal 2

Panjang Bentang			Momen Ultimate	Kekuatan Lentur Nominal	Geser Ultimate	Kekuatan Geser Nominal
Frame	Lb		M3	Mn'	V2	Vn'
	m		Nm	Nm	N	N
AV-1	5.5	LRFD	2647744.16	3516930.14	-1140258.53	6888000.00
AV-1	5.5	ASD	1901454.3	2339940.22	-816557.98	4592000.00
AV-10	5.5	LRFD	338752.45	3516930.14	-118760.43	6888000.00
AV-10	5.5	ASD	242713.91	2339940.22	-85185.65	4592000.00
AV-11	5.5	LRFD	307406.36	3516930.14	-107906.54	6888000.00
AV-11	5.5	ASD	219981.25	2339940.22	-77314.43	4592000.00
AV-12	5.5	LRFD	328533.39	3516930.14	-116604.56	6888000.00
AV-12	5.5	ASD	234751.4	2339940.22	-83396.2	4592000.00
AV-13	5.5	LRFD	324319.09	3516930.14	-116401.56	6888000.00
AV-13	5.5	ASD	231327.65	2339940.22	-83096.12	4592000.00
AV-14	5.5	LRFD	322410.83	3516930.14	-116215.03	6888000.00
AV-14	5.5	ASD	229573.42	2339940.22	-82816.2	4592000.00
AV-15	5.5	LRFD	342762.8	3516930.14	-124802.7	6888000.00
AV-15	5.5	ASD	243671.79	2339940.22	-88772.81	4592000.00
AV-16	5.5	LRFD	305950.28	3516930.14	-112286.41	6888000.00
AV-16	5.5	ASD	216933.47	2339940.22	-79670.09	4592000.00
AV-17	5.5	LRFD	301260.61	3516930.14	-110576.2	6888000.00
AV-17	5.5	ASD	213090.01	2339940.22	-78259.49	4592000.00
AV-18	5.5	LRFD	327516.39	3516930.14	-120436.17	6888000.00
AV-18	5.5	ASD	231285.51	2339940.22	-85084.83	4592000.00
AV-19	5.5	LRFD	318535.6	3516930.14	-117978.32	6888000.00
AV-19	5.5	ASD	224315.28	2339940.22	-83117.79	4592000.00
AV-2	5.5	LRFD	356544.67	3516930.14	-99888.03	6888000.00
AV-2	5.5	ASD	257161.01	2339940.22	-72265.02	4592000.00
AV-20	5.5	LRFD	279093.7	3516930.14	-104092.53	6888000.00
AV-20	5.5	ASD	195580.07	2339940.22	-72988.14	4592000.00
AV-21	5.5	LRFD	304600.84	3516930.14	-112735	6888000.00
AV-21	5.5	ASD	213055.86	2339940.22	-78882.74	4592000.00
AV-22	5.5	LRFD	292406.99	3516930.14	-109079.28	6888000.00
AV-22	5.5	ASD	203553.86	2339940.22	-75975.02	4592000.00
AV-23	5.5	LRFD	265090.21	3516930.14	-98281.91	6888000.00
AV-23	5.5	ASD	182955.49	2339940.22	-67849.96	4592000.00
AV-24	5.5	LRFD	297281.51	3516930.14	-110462.38	6888000.00

	Panjang Bentang		Momen Ultimate	Kekuatan Lentur Nominal	Geser Ultimate	Kekuatan Geser Nominal
Frame	Lb		M3	Mn'	V2	Vn'
	m		Nm	Nm	N	N
AV-24	5.5	ASD	204674.71	2339940.22	-76087.31	4592000.00
AV-25	5.5	LRFD	265870.36	3516930.14	-100191.88	6888000.00
AV-25	5.5	ASD	180972.48	2339940.22	-68274.51	4592000.00
AV-26	5.5	LRFD	257251.82	3516930.14	-96618.74	6888000.00
AV-26	5.5	ASD	173596.46	2339940.22	-65263.57	4592000.00
AV-27	5.5	LRFD	272116.81	3516930.14	-100921.34	6888000.00
AV-27	5.5	ASD	183385.03	2339940.22	-68027.52	4592000.00
AV-28	5.5	LRFD	244616.07	3516930.14	-91048.71	6888000.00
AV-28	5.5	ASD	164126.31	2339940.22	-61096.89	4592000.00
AV-29	5.5	LRFD	169359.98	3516930.14	-64814.95	6888000.00
AV-29	5.5	ASD	112664.35	2339940.22	-43156.8	4592000.00
AV-3	5.5	LRFD	345248.39	3516930.14	-106601.82	6888000.00
AV-3	5.5	ASD	248901.31	2339940.22	-77035.71	4592000.00
AV-30	5.5	LRFD	134795.07	3516930.14	-49314.7	6888000.00
AV-30	5.5	ASD	91673.54	2339940.22	-33467.08	4592000.00
AV-4	5.5	LRFD	357207.49	3516930.14	-113981.95	6888000.00
AV-4	5.5	ASD	257272.52	2339940.22	-82259.41	4592000.00
AV-5	5.5	LRFD	349057.88	3516930.14	-112397.29	6888000.00
AV-5	5.5	ASD	251313.81	2339940.22	-81087.2	4592000.00
AV-6	5.5	LRFD	363960.01	3516930.14	-121560.17	6888000.00
AV-6	5.5	ASD	261771.52	2339940.22	-87563.73	4592000.00
AV-7	5.5	LRFD	333005.01	3516930.14	-111455.69	6888000.00
AV-7	5.5	ASD	239423.78	2339940.22	-80271.56	4592000.00
AV-8	5.5	LRFD	327844.63	3516930.14	-110669.45	6888000.00
AV-8	5.5	ASD	235483.07	2339940.22	-79620.38	4592000.00
AV-9	5.5	ASD	249140.15	2339940.22	-86117.31	4592000.00

7.6.9 Sambungan Rangka Busur Vertikal AV-1

a. Data Perencanaan

Profil Busur Vertikal = BOX 500.500.28

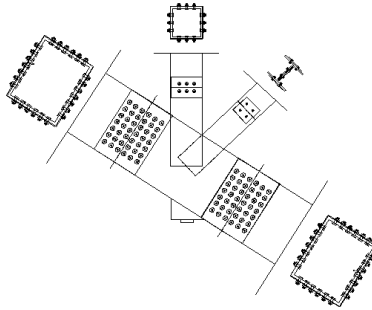
D baut (M30) db = 33

D lubang = 38

Gaya tarik minimum (Tb) = 408000 N

Bidang Geser ns = 1

Koefisien gesek $\mu = 0.5$ (permukaan B)
 $h_f = 1$
 $D_u = 1.13$ (AISC-2016 J3-8)



Gambar 7. 11: Detail Sambungan Busur Vertikal

b. Kuat Rencana Baut Tipe Gesek

$$\begin{aligned}
 Rn &= \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s \\
 &= 0.5 \times 1.13 \times 1 \times 408000 \times 1 \\
 &= 230520 \text{ N}
 \end{aligned}$$

c. Jumlah Baut

LRFD ($\phi = 1$)	ASD ($\Omega = 1.5$)
$R_u = 3194945.99 \text{ Nm}$	$R_u = 2313104.77 \text{ Nm}$
Jumlah Baut :	Jumlah Baut :
$n = \frac{R_u}{\phi \cdot Rn}$	$n = \frac{R_u}{\left(\frac{Rn}{\Omega}\right)}$
$= \frac{3194945.99}{230520.00}$	$= \frac{2313104.77}{153680.00}$
$= 13.86 = 14 \text{ buah}$	$= 15.05 = 16 \text{ buah}$

Jadi Digunakan Baut M30 dengan minimal sejumlah 16 buah

d. Jarak Pemasangan Baut

Jarak Tepi S1 = 100

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat} &= 1.5 \cdot d_b < S_1 < (4 \cdot t_p + 100\text{mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &49.5 < 100 < 148 \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jarak Antar baut S = 120

$$\text{Syarat} = \left(2 + \frac{2}{3}\right) \cdot d_b < S_1 < 15 \cdot t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$88 < 120 < 180 \text{ (Memenuhi)}$$

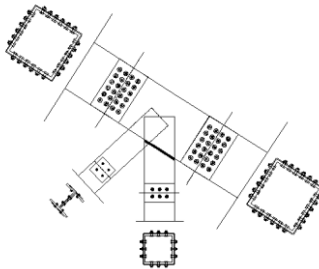
e. Rekapitulasi Jumlah Baut Rangka Busur Vertikal

Tabel 7. 13:Rekapitulasi Jumlah Baut Rangka Busur Vertikal

Frame	Ru	Kekuatan Baut Nominal	Jumlah Baut Yang Dibutuhkan
		Rn'	n
	N	N	buah
AV-1	-3194945.99	230520.00	14.00
AV-1	-2313104.77	153680.00	16.00
AV-10	-1324571.65	230520.00	6.00
AV-10	-960947.51	153680.00	7.00
AV-11	-1145331.17	230520.00	5.00
AV-11	-830516.69	153680.00	6.00
AV-12	-1201672.66	230520.00	6.00
AV-12	-866725.12	153680.00	6.00
AV-13	-1085420.17	230520.00	5.00
AV-13	-783563.41	153680.00	6.00
AV-14	-1059303.96	230520.00	5.00
AV-14	-760324.12	153680.00	5.00
AV-15	-1040153.28	230520.00	5.00
AV-15	-745661.5	153680.00	5.00
AV-16	-854364.67	230520.00	4.00
AV-16	-610853.77	153680.00	4.00
AV-17	-752322.86	230520.00	4.00
AV-17	-534841.35	153680.00	4.00
AV-18	-771502.01	230520.00	4.00
AV-18	-546210.53	153680.00	4.00
AV-19	-705888.42	230520.00	4.00
AV-19	-497612.58	153680.00	4.00
AV-2	-1162561.58	230520.00	6.00
AV-2	-859577.89	153680.00	6.00
AV-20	-525957.93	230520.00	3.00
AV-20	-366699.74	153680.00	3.00
AV-21	-427998.35	230520.00	2.00
AV-21	-293895.88	153680.00	2.00
AV-22	-465072.33	230520.00	3.00
AV-22	-317269.75	153680.00	3.00
AV-23	-185178.76	230520.00	1.00

Frame	Ru	Kekuatan Baut Nominal Rn'	Jumlah Baut Yang Dibutuhkan n
	N	N	buah
AV-23	-114316.02	153680.00	1.00
AV-24	-390836.94	230520.00	2.00
AV-24	-256190.09	153680.00	2.00
AV-25	-270898.72	230520.00	2.00
AV-25	-166103.32	153680.00	2.00
AV-26	-50107.1	230520.00	1.00
AV-26	-6791.67	153680.00	1.00
AV-27	1592.52	230520.00	1.00
AV-27	29472.09	153680.00	1.00
AV-28	26200.94	230520.00	1.00
AV-28	43025.1	153680.00	1.00
AV-29	348372.68	230520.00	2.00
AV-29	259573.15	153680.00	2.00
AV-3	-2026457.8	230520.00	9.00
AV-3	-1476333.76	153680.00	10.00
AV-30	820646.57	230520.00	4.00
AV-30	574235.7	153680.00	4.00

f. Pehitungan Sambungan Las Busur Rangka Vertikal



Gambar 7. 12: Detail Sambungan Busur Vertikal

LRFD ($\phi = 0.75$)	ASD ($\Omega = 2$)
Ru = 3194945.99 Nm	Ru = 2313104.77 Nm
a = 11 mm	a = 12 mm
Lw₁ = 2000 mm	Lw ₁ = 2000 mm
Rnw = $\phi \times te \times 0.6 \times fuw$	Rnw = $\phi \times te \times 0.6 \times fuw$
	$= \frac{1}{2} \times 12 \times 0.707 \times 0.6 \times 490$

$$\begin{aligned} &= 0.75 \times 11 \times 0.707 \times 0.6 \times 490 \\ &= 1715 \text{ N} \\ \text{Lw}_2 &= \frac{R_u}{R_{nw}} < \text{Lw}_1 \\ &= \frac{3194945.99}{1715} < 2000 \\ &= 1863.1 < 2000 \\ &\quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 1247 \text{ N} \\ \text{Lw}_2 &= \frac{R_u}{R_{nw}} < \text{Lw}_1 \\ &= \frac{2313104.77}{1247} < 2000 \\ &= 1854.7 < 2000 \\ &\quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Syarat : (t = 28)

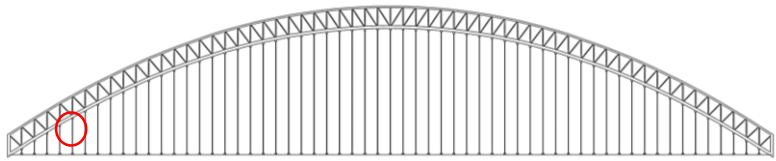
$8 \text{ mm} < 12 \text{ mm} < (28 - 1.6)$

$8 \text{ mm} < 12 \text{ mm} < 26.4$

(Memenuhi)

7.7 Perencanaan Rangka Busur Diagonal

7.7.1 Frame AI-1



Gambar 7. 13: Letak Frame AI-1

Tabel 7. 14: Hasil Output SAP Untuk Rangka Busur Diagonal

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	N	N	N	N-m	N-m
AI-3	4.88	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	1696381.43	-2166.92	-2501.94	2502.72	958.06
AI-3	4.88	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	1224868.51	-1350.05	-1978.85	2085.03	1246.54

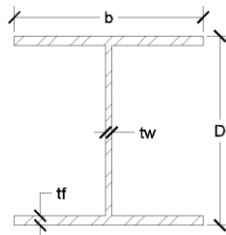
7.7.2 Hasil Analisa Gaya Dalam

Dari hasil analisa gaya dalam menggunakan SAP2000 yang terjadi pada frame sebagai berikut:

LRFD	ASD
$B = 4.88 \text{ m}$	$B = 4.88 \text{ m}$
$P_u = 1696381.43 \text{ N}$	$P_u = 1224868.51 \text{ N}$
$M(U) = 958.06 \text{ Nm}$	$M(U) = 1246.54 \text{ Nm}$
$V(U) = -2166.92 \text{ Nm}$	$V(U) = -1350.05 \text{ Nm}$

7.7.3 Detail Profil W 400 400 24 16

Struktur direncanakan memakai profil W 400 400 24 16 dengan data profil sebagai berikut :



Gambar 7. 14: Profil W Rangka Busur Diagonal

D	=	400.0	mm	I _x	=	77314.9	cm ⁴
B	=	400.0	mm	I _y	=	25688.2	cm ⁴
T _f	=	24.0	mm	i _x	=	17.4	cm
T _w	=	16.0	mm	i _y	=	10.0	cm
R	=	28.0	mm	S _x	=	3865.7	cm ³
A	=	255.0	cm ²	S _y	=	1284.4	cm ³
W	=	200.2	W	Z _x	=	4232.2	cm ³
				Z _y	=	1951.2	cm ³

7.7.4 Klasifikasi Penampang

Pada perencanaan ini sesuai dengan AISC-2016 B4 untuk mengklasifikasikan jenis penampangnya sebagai berikut :

a. Kontrol Penampang Terhadap Gaya Aksial

$$\frac{b_f}{t_f} < 0.56 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{400}{24.2} < 0.56 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$8.33 < 12.37 \text{ (Memenuhi)}$$

b. Penampang Terhadap Lentur

$$\frac{h}{tw} < 0.38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{400}{16} < 0.38 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$8.33 < 8.3917 \text{ (Kompak)}$$

Maka, Penampang Kompak $M_n = M_p$

Dikarenakan penampang kompak maka tidak dilakukan Kontrol Tekuk Lokal Badan dikarenakan sesuai AISC-2016 F7 keadaan batas dari tekuk lokal sayap dan tekuk lokal badan tidak diterapkan.

7.7.5 Analisa Komponen Struktur Tarik

Dikarenakan komponen yang ditinjau merupakan komponen struktur tarik maka pada perencanaannya sesuai dengan AISC-2016 E sebagai berikut :

$$L = 4188.08 \text{ mm}$$

$$K = 1$$

$$L_k = k_c \times L \\ = 4879.55 \text{ mm}$$

$$r = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$= 100.36 \text{ mm}$$

a. Kontrol kelangsingan

Kontrol kelangsingan sesuai dengan AISC-2016 E2 sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{Lk}{r} < 300$$

$$\lambda = \frac{4879.55}{100.36} < 300$$

$$28.85 < 300 \text{ (Memenuhi)}$$

b. Kontrol Kuat Tarik Nominal

Kontrol kuat tarik kelelahan pada penampang bruto sesuai dengan AISC-2016 D2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_n &= f_y \cdot A_g \\ &= 410 \times 25500 \\ &= 10457046.46 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

<u>LRFD ($\phi = 0.9$)</u>	<u>ASD ($\Omega = 1.67$)</u>
$P_u < \phi \cdot P_n$	$P_u < \frac{P_n}{\Omega}$
1696381.43	
< 9411341.81	1224868.51 < 6261704.47
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil W 400 400 24 16 dapat gaya tarik yang terjadi pada Ikatan Angin Rangka Busur

c. Kontrol Kuat Tarik Keruntuhan pada Penampang Bruto

Kontrol kuat tarik keruntuhan pada penampang bruto sesuai dengan AISC-2016 D2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A_e &= A_n \cdot U \\ &= 25402.70.1 \\ &= 25402.70 \text{ mm}^2 \\ P_n &= f_u \cdot A_e \\ &= 550 \times 18384.99 \\ &= 13971483.46 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

<u>LRFD ($\phi = 0.75$)</u>	<u>ASD ($\Omega = 2$)</u>
$P_u < \phi \cdot P_n$	$P_u < \frac{P_n}{\Omega}$
1696381.43	
< 10478612.59	1224868.51 < 6985741.73
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil W 400 400 24 16 dapat menahan gaya tarik yang terjadi pada Rangka Busur Diagonal.

7.7.6 Analisa Desain Komponen Struktur Lentur

c. Kontrol Kelelahan

Kontrol kelelahan sesuai dengan AISC-2016 F7 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol kelelahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \cdot f_y \\ &= (4232.2 \times 1000) \times 410 \\ &= 1735211.84 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

LRFD ($\phi = 0,9$)	ASD ($\Omega = 1,67$)
$M_u < \phi \cdot M_n$	$M_u < \frac{M_n}{\Omega}$
93747.16 < 1561690.66	$66672.27 < 1039049.01$
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil W 400 400 24 16 dapat menahan momen yang terjadi pada Rangka Busur Diagonal.

d. Kontrol Tekuk Torsi Lateral

Kontrol tekuk torsi lateral ini sesuai dengan AISC-2016 F7 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol tekuk torsi lateralnya sebagai berikut :

Jarak Antara Gelagar Memanjang = $L_b = 4879.55 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} J_c &= \frac{b \times t_f^3 + (h - t_f) \times t_w^3}{3} \\ &= 4199765.333 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,13 \times E \times r_y \times \sqrt{\frac{J \times A_g}{M_p}} \\ &= 0,13 \times 200000 \times 100 \times \sqrt{\frac{4199765.333 \times 2550}{1735211.84}} \\ &= 3901.13 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_r &= 2 \times E \times r_y \frac{\sqrt{J \times A_g}}{0.7 \times f_y \times S_x} \\
 &= 2 \times 200000 \times 100 \frac{\sqrt{4199765.333 \times 2550}}{0.7 \times 410 \times 3865700} \\
 &= 9523.45 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$L_p < L_b < L_r$$

$$3901.13 < 4879.55 < 9523.45$$

Maka, termasuk dalam Bentang Menengah $L_p \leq L \leq L_r$

Bentang Menengah $L_p \leq L \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times f_y \times S_x) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \cdot f_y \\
 &= (4232.2 \times 1000) \times 410 \\
 &= 1735211.84 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

LRFD	ASD
$R_A = \frac{1}{2} \cdot P_u$ $= 31096.88 \text{ N}$ $MA = MC = 36868149.96 \text{ Nm}$ $MB = Mmax$ $= 93747160.00 \text{ Nm}$ $C_b = \frac{12.5 \cdot M_{max}}{2.5 \cdot M_{max} + 3M_A + 4M_B + 4M_C}$ $= 1.41089364$ $M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times f_y \times S_x) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right]$ $\leq M_p$ $= 2316103319.17 \text{ Nmm}$	$R_A = \frac{1}{2} \cdot P_u$ $= 22476.36 \text{ N}$ $MA = MC = 26647747.65 \text{ Nm}$ $MB = Mmax = 66672270.00 \text{ Nm}$ $C_b = \frac{12.5 \cdot M_{max}}{2.5 \cdot M_{max} + 3M_A + 4M_B + 4M_C}$ $= 1.40479496$ $M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times f_y \times S_x) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$ $= 2306091798.21 \text{ Nmm}$
LRFD ($\phi = 0.9$)	ASD ($\Omega = 1.67$)
$M_u < \phi \cdot M_n$ $93747.16 < 2084492.99$ (Memenuhi)	$M_u < \frac{M_n}{\Omega}$ $66672.27 < 1380893.29$ (Memenuhi)

Maka, Profil W 400 400 24 16 dapat menahan momen yang terjadi pada Rangka Busur Diagonal.

7.7.7 Analisa Desain Komponen Struktur Geser

Kontrol kuat geser ini sesuai dengan AISC-2016 G4 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol kuat gesernya sebagai berikut :

$$A_w = D \times t_w$$

$$= 400 \times 16$$

$$= 6400.00 \text{ mm}^2$$

$$C_v = 1 \text{ (AISC - 2016 G2 - 2 (1 - 71))}$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 410 \times 6400 \times 1$$

$$= 1574400.00 \text{ N}$$

LRFD ($\phi = 1$)	ASD ($\Omega = 1,5$)
$V_u < \phi \cdot V_n$	$V_u < \frac{V_n}{\Omega}$
31096.88 < 1574400.00	22476.36 < 1049600.00
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil W 400 400 24 16 dapat menahan gaya geser yang terjadi pada Rangka Busur Bawah.

7.7.8 Rekapitulasi Analisa Perencanaan Rangka Busur Diagonal

Tabel 7. 15: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Rangka Busur Diagonal 1

	Panjang Bentang		Gaya Aksial Ultimate	Kekuatan Aksial Nominal
Frame	Lb		P	Pn'
	m		N	N
AI-1	4.742	LRFD	1560380.15	9411341.81
AI-1	4.742	ASD	1129567.77	6261704.47
AI-10	5.240	LRFD	1358970.91	9411341.81
AI-10	5.240	ASD	972972.05	6261704.47
AI-11	5.278	LRFD	1209758.54	9411341.81
AI-11	5.278	ASD	864543.93	6261704.47
AI-12	5.391	LRFD	1483311.58	9411341.81
AI-12	5.391	ASD	1057433.76	6261704.47
AI-13	5.391	LRFD	1159357.53	9411341.81
AI-13	5.391	ASD	823888.1	6261704.47
AI-14	5.506	LRFD	1428237.57	9411341.81
AI-14	5.506	ASD	1013492.62	6261704.47
AI-15	5.544	LRFD	1272068.63	9411341.81
AI-15	5.544	ASD	899394.48	6261704.47
AI-16	5.583	LRFD	1070884.05	9411341.81
AI-16	5.583	ASD	753349.73	6261704.47
AI-17	5.661	LRFD	1156976.53	9411341.81
AI-17	5.661	ASD	812178.98	6261704.47
AI-18	5.740	LRFD	1227817.71	9411341.81
AI-18	5.740	ASD	859939.43	6261704.47
AI-19	5.780	LRFD	1013067.26	9411341.81
AI-19	5.780	ASD	703842.83	6261704.47
AI-2	4.776	LRFD	1382794.18	9411341.81
AI-2	4.776	ASD	1002815.22	6261704.47
AI-20	5.820	LRFD	868172.12	9411341.81
AI-20	5.820	ASD	597405.44	6261704.47
AI-21	5.941	LRFD	1098175.86	9411341.81
AI-21	5.941	ASD	758448.69	6261704.47
AI-22	5.941	LRFD	726157.13	9411341.81
AI-22	5.941	ASD	488601.77	6261704.47
AI-23	6.062	LRFD	936274.69	9411341.81

	Panjang Bentang		Gaya Aksial Ultimate	Kekuatan Aksial Nominal
Frame	Lb		P	Pn'
	m		N	N
AI-23	6.062	ASD	634082.59	6261704.47
AI-24	6.103	LRFD	816842.74	9411341.81
AI-24	6.103	ASD	543342.24	6261704.47
AI-25	6.144	LRFD	664002.79	9411341.81
AI-25	6.144	ASD	428500.93	6261704.47
AI-26	6.227	LRFD	703567.93	9411341.81
AI-26	6.227	ASD	452233.8	6261704.47
AI-27	6.310	LRFD	674243.38	9411341.81
AI-27	6.310	ASD	430277.91	6261704.47
AI-28	6.351	LRFD	384883.06	9411341.81
AI-28	6.351	ASD	228490.75	6261704.47
AI-29	6.393	LRFD	95686.88	9411341.81
AI-29	6.393	ASD	34158.11	6261704.47
AI-3	4.880	LRFD	1696381.43	9411341.81
AI-3	4.880	ASD	1224868.51	6261704.47
AI-30	6.519	LRFD	-126730.52	9411341.81
AI-30	6.519	ASD	-104650.83	6261704.47
AI-4	4.880	LRFD	1416888.93	9411341.81
AI-4	4.880	ASD	1024688.64	6261704.47
AI-5	4.985	LRFD	1693065.99	9411341.81
AI-5	4.985	ASD	1220347.49	6261704.47
AI-6	5.021	LRFD	1567700.08	9411341.81
AI-6	5.021	ASD	1129361.82	6261704.47
AI-7	5.057	LRFD	1367267.61	9411341.81
AI-7	5.057	ASD	984766.66	6261704.47
AI-8	5.130	LRFD	1457852.96	9411341.81
AI-8	5.130	ASD	1047624.45	6261704.47
AI-9	5.203	LRFD	1554395.95	9411341.81
AI-9	5.203	ASD	1114487.45	6261704.47

Tabel 7. 16: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Rangka
Busur Diagonal 2

	Panjang Bentang		Momen Ultimate	Kekuatan Lentur Nominal	Geser Ultimate	Kekuatan Geser Nominal
Frame	Lb		M3	Mn'	V2	Vn'
	m		Nm	Nm	N	N
AI-1	4.742	LRFD	-93747.16	1561690.66	31096.88	6146849.88
AI-1	4.742	ASD	-66672.27	1039049.01	22476.36	6120279.68
AI-10	5.240	LRFD	13288.61	1561690.66	-3793.02	5263452.32
AI-10	5.240	ASD	9421.45	1039049.01	-2239.28	5499552.94
AI-11	5.278	LRFD	11910.6	1561690.66	-4255.48	4875621.30
AI-11	5.278	ASD	8298.86	1039049.01	-2515.4	5110614.45
AI-12	5.391	LRFD	16155.62	1561690.66	-4831.2	4923795.79
AI-12	5.391	ASD	11212.59	1039049.01	-2884.94	5117504.18
AI-13	5.391	LRFD	18721.53	1561690.66	-5618.65	4918998.58
AI-13	5.391	ASD	12929.68	1039049.01	-3403.44	5089054.27
AI-14	5.506	LRFD	19791.76	1561690.66	-6129.34	4682385.67
AI-14	5.506	ASD	13541.11	1039049.01	-3716.86	4837668.18
AI-15	5.544	LRFD	23088.87	1561690.66	-5847.65	4871626.64
AI-15	5.544	ASD	15789.88	1039049.01	-3480.08	5031430.29
AI-16	5.583	LRFD	16734.76	1561690.66	-3915.45	4899834.87
AI-16	5.583	ASD	11107.95	1039049.01	-2051.28	5151268.98
AI-17	5.661	LRFD	18516.82	1561690.66	-4843.37	4645968.63
AI-17	5.661	ASD	12229.34	1039049.01	-2665.28	4852079.28
AI-18	5.740	LRFD	23691.19	1561690.66	-5688.84	4624003.09
AI-18	5.740	ASD	15781.86	1039049.01	-3226.87	4795871.33
AI-19	5.780	LRFD	20905.7	1561690.66	-3920.64	4821124.57
AI-19	5.780	ASD	13647.26	1039049.01	-1919.72	5074928.27
AI-2	4.776	LRFD	4094.61	1561690.66	-3157.12	4474496.66
AI-2	4.776	ASD	3611.42	1039049.01	-2110.7	5034187.66
AI-20	5.820	LRFD	16219.76	1561690.66	-3209.99	4708862.41
AI-20	5.820	ASD	10136.31	1039049.01	-1359.34	5050774.84
AI-21	5.941	LRFD	18956.38	1561690.66	-3223.87	4676532.63
AI-21	5.941	ASD	11912.7	1039049.01	-1323.36	5004679.37
AI-22	5.941	LRFD	17889.65	1561690.66	-2215.54	4929860.28
AI-22	5.941	ASD	10913.7	1039049.01	-520.8	5412746.84
AI-23	6.062	LRFD	19661.59	1561690.66	-3181.85	4551802.35
AI-23	6.062	ASD	11946.83	1039049.01	-1150.25	4919674.44
AI-24	6.103	LRFD	25783.82	1561690.66	-4093.9	4513447.51

	Panjang Bentang		Momen Ultimate	Kekuatan Lentur Nominal	Geser Ultimate	Kekuatan Geser Nominal
Frame	Lb		M3	Mn'	V2	Vn'
	m		Nm	Nm	N	N
AI-24	6.103	ASD	16012.88	1039049.01	-1710.97	4800373.34
AI-25	6.144	LRFD	19271.16	1561690.66	-2212.04	4699354.92
AI-25	6.144	ASD	11090.4	1039049.01	-289.67	5269064.07
AI-26	6.227	LRFD	17327.09	1561690.66	-1620.27	4716120.44
AI-26	6.227	ASD	9502.98	1039049.01	172.05	5214174.57
AI-27	6.310	LRFD	19044.84	1561690.66	-1264.29	4777303.74
AI-27	6.310	ASD	10656.87	1039049.01	412.25	4959721.14
AI-28	6.351	LRFD	12402.79	1561690.66	1506.43	4401468.03
AI-28	6.351	ASD	6120.22	1039049.01	2287.99	3349631.92
AI-29	6.393	LRFD	-4360.83	1561690.66	6525.25	1599899.21
AI-29	6.393	ASD	-5194.24	1039049.01	5629.03	1974667.70
AI-3	4.880	LRFD	958.06	1561690.66	-2166.92	2250275.91
AI-3	4.880	ASD	1246.54	1039049.01	-1350.05	3595969.02
AI-30	6.519	LRFD	-16183.18	1561690.66	11792.38	2374388.68
AI-30	6.519	ASD	-12797.42	1039049.01	9091.11	2405979.12
AI-4	4.880	LRFD	4674.92	1561690.66	-3281.3	4457993.84
AI-4	4.880	ASD	3846.99	1039049.01	-2119.79	4925354.49
AI-5	4.985	LRFD	10531.21	1561690.66	-5654.96	4758116.69
AI-5	4.985	ASD	7921.28	1039049.01	-3764.99	4976360.89
AI-6	5.021	LRFD	10945.36	1561690.66	-4273.75	5236351.82
AI-6	5.021	ASD	8160.11	1039049.01	-2751.66	5468680.66
AI-7	5.057	LRFD	6954.37	1561690.66	-2947.53	5027816.28
AI-7	5.057	ASD	5209.23	1039049.01	-1761.75	5388106.84
AI-8	5.130	LRFD	11512.04	1561690.66	-5045.01	4830928.64
AI-8	5.130	ASD	8343.22	1039049.01	-3209.07	5041570.80
AI-9	5.203	LRFD	16717	1561690.66	-6051.61	4993900.88
AI-9	5.203	ASD	11960.56	1039049.01	-3887.48	5153390.69

7.7.9 Sambungan Rangka Busur Diagonal AI-3

a. Data Perencanaan

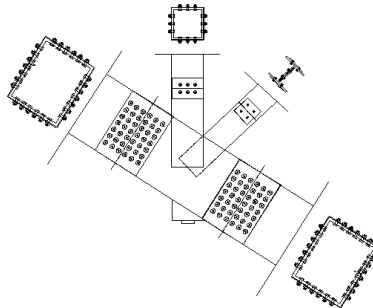
Profil Busur Diagonal = W 400 400 24 16

D baut (M20) db = 22

D lubang = 24

Gaya tarik minimum (Tb) = 179000 N

Bidang Geser	ns	= 1
Koefisien gesek	μ	= 0.5 (permukaan B)
	hf	= 1
	Du	= 1.13 (AISC-2016 J3-8)



Gambar 7. 15: Detail Sambungan Busur Diagonal

b. Kuat Rencana Baut Tipe Gesek

$$\begin{aligned}
 R &= \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s \\
 &= 0.5 \times 1.13 \times 1 \times 179000 \times 1 \\
 &= 101135 \text{ N}
 \end{aligned}$$

c. Jumlah Baut

LRFD ($\phi = 1$)	ASD ($\Omega = 1.5$)
$R_u = 1696381.43 \text{ Nm}$	$R_u = 1224868.51 \text{ Nm}$
Jumlah Baut :	Jumlah Baut :
$n = \frac{R_u}{\phi \cdot R_n}$	$n = \frac{R_u}{\left(\frac{R_n}{\Omega}\right)}$
$= \frac{1696381.43}{101135}$	$= \frac{1224868.51}{67423.33}$
$= 16.77 = 17 \text{ buah}$	$= 18.17 = 19 \text{ buah}$

Jadi Digunakan Baut M20 dengan minimal sejumlah 16 buah

d. Jarak Pemasangan Baut

Jarak Tepi S1 = 100

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat} &= 1.5 \cdot d_b < S_1 < (4 \cdot t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &35 < 100 < 140 \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jarak Antar baut $S = 120$

$$\text{Syarat} = \left(2 + \frac{2}{3}\right) \cdot d_b < S_1 < 15 \cdot t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$66 < 120 < 150 \text{ (Memenuhi)}$$

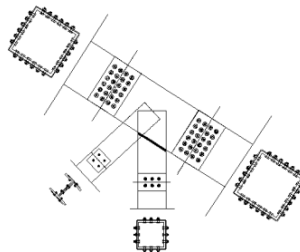
e. Rekapitulasi Jumlah Baut Rangka Busur Diagonal

Tabel 7. 17:Rekapitulasi Jumlah Baut Rangka Busur Diagonal

Frame	Ru	Kekuatan Baut	Jumlah Baut Yang
		Nominal	Dibutuhkan
		Rn'	n
	N	N	buah
AI-1	1560380.15	101135.00	16.00
AI-1	1129567.77	67423.33	17.00
AI-10	1358970.91	101135.00	14.00
AI-10	972972.05	67423.33	15.00
AI-11	1209758.54	101135.00	12.00
AI-11	864543.93	67423.33	13.00
AI-12	1483311.58	101135.00	15.00
AI-12	1057433.76	67423.33	16.00
AI-13	1159357.53	101135.00	12.00
AI-13	823888.1	67423.33	13.00
AI-14	1428237.57	101135.00	15.00
AI-14	1013492.62	67423.33	16.00
AI-15	1272068.63	101135.00	13.00
AI-15	899394.48	67423.33	14.00
AI-16	1070884.05	101135.00	11.00
AI-16	753349.73	67423.33	12.00
AI-17	1156976.53	101135.00	12.00
AI-17	812178.98	67423.33	13.00
AI-18	1227817.71	101135.00	13.00
AI-18	859939.43	67423.33	13.00
AI-19	1013067.26	101135.00	11.00
AI-19	703842.83	67423.33	11.00
AI-2	1382794.18	101135.00	14.00
AI-2	1002815.22	67423.33	15.00
AI-20	868172.12	101135.00	9.00
AI-20	597405.44	67423.33	9.00
AI-21	1098175.86	101135.00	11.00
AI-21	758448.69	67423.33	12.00
AI-22	726157.13	101135.00	8.00
AI-22	488601.77	67423.33	8.00

Frame	Kekuatan Baut Nominal		Jumlah Baut Yang Dibutuhkan
	Ru	Rn'	n
	N	N	buah
AI-23	936274.69	101135.00	10.00
AI-23	634082.59	67423.33	10.00
AI-24	816842.74	101135.00	9.00
AI-24	543342.24	67423.33	9.00
AI-25	664002.79	101135.00	7.00
AI-25	428500.93	67423.33	7.00
AI-26	703567.93	101135.00	7.00
AI-26	452233.8	67423.33	7.00
AI-27	674243.38	101135.00	7.00
AI-27	430277.91	67423.33	7.00
AI-28	384883.06	101135.00	4.00
AI-28	228490.75	67423.33	4.00
AI-29	95686.88	101135.00	1.00
AI-29	34158.11	67423.33	1.00
AI-3	1696381.43	101135.00	17.00
AI-3	1224868.51	67423.33	19.00
AI-30	-126730.52	101135.00	2.00
AI-30	-104650.83	67423.33	2.00

f. Pehitungan Sambungan Las Busur Diagonal



Gambar 7. 16: Detail Sambungan Busur Diagonal

LRFD ($\phi = 0.75$)	ASD ($\Omega = 2$)
Ru = 1696381.43 Nm	Ru = 1224868.51 Nm
a = 10 mm	a = 10 mm
Lw₁ = 1200 mm	Lw ₁ = 1200 mm

$R_{nw} = \emptyset \times t_e \times 0.6 \times f_{uw}$ $= 0.75 \times 10 \times 0.707 \times 0.6 \times 490$ $= 1559 \text{ N}$ $L_{w2} = \frac{R_u}{R_{nw}} < L_{w1}$ $= \frac{1696381.43}{1559} < 1200$ $= 1088.2 < 1200$ <p style="text-align: center;">(Memenuhi)</p>	$R_{nw} = \emptyset \times t_e \times 0.6 \times f_{uw}$ $= \frac{1}{2} \times 10 \times 0.707 \times 0.6 \times 490$ $= 1039 \text{ N}$ $L_{w2} = \frac{R_u}{R_{nw}} < L_{w1}$ $= \frac{1224868.51}{1039} < 1200$ $= 1178.6 < 1200$ <p style="text-align: center;">(Memenuhi)</p>
---	--

Syarat : (t = 24)

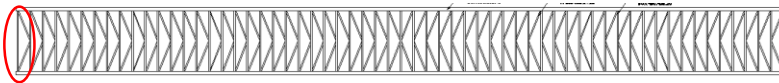
$$8 \text{ mm} < 10 \text{ mm} < (24 - 1.6)$$

$$8 \text{ mm} < 10 \text{ mm} < 22.4$$

(Memenuhi)

7.8 Perencanaan Ikatan Angin Rangka Busur

7.8.1 Frame AWH-1



Gambar 7. 17: Letak Frame AWH-1

Tabel 7. 18: Hasil Output SAP Untuk Ikatan Angin Rangka Busur

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	N	N	N	N-m	N-m
AWH-1	17.3	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	-259797.97	17325.91	549.33	-714.65	-47652.91
AWH-1	17.3	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	-178602.86	15792.82	380.97	129.81	-43010.8

7.8.2 Hasil Analisa Gaya Dalam

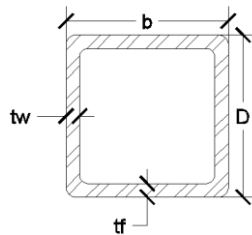
Dari hasil analisa gaya dalam menggunakan SAP2000 yang terjadi pada frame sebagai berikut:

LRFD	ASD
B = 17.3 m	B = 17.3 m

$P_u = -259797.97 \text{ N}$	$P_u = -178602.86 \text{ N}$
$M(U) = -47652.91 \text{ Nm}$	$M(U) = -43010.8 \text{ Nm}$
$V(U) = 17325.91 \text{ Nm}$	$V(U) = 15792.82 \text{ Nm}$

7.8.3 Detail Profil BOX 400 400 20

Struktur direncanakan memakai profil BOX 400 400 20 dengan data profil sebagai berikut :



Gambar 7. 18: Profil Box Ikatan Angin Rangka Busur

D	=	400.0	mm	I _x	=	71370.7	cm ⁴
B	=	400.0	mm	I _y	=	71370.7	cm ⁴
T _f	=	20.0	mm	i _x	=	15.3	cm
T _w	=	20.0	mm	i _y	=	15.3	cm
R	=	28.0	mm	S _x	=	3568.5	cm ³
A	=	304.0	cm ²	S _y	=	3568.5	cm ³
W	=	238.6	W	Z _x	=	4466.1	cm ³
				Z _y	=	4466.1	cm ³

7.8.4 Klasifikasi Penampang

Pada perencanaan ini sesuai dengan AISC-2016 B4 untuk mengklasifikasikan jenis penampangnya sebagai berikut :

a. Kontrol Penampang Terhadap Gaya Aksial

$$\frac{b}{t} < 1,4 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{400}{20} < 1,4 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$20 < 30.92 \text{ (Memenuhi)}$$

b. Penampang Terhadap Lentur

$$\frac{b}{t} < 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{400}{20} < 1,12 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$20 < 24.74 \text{ (Kompak)}$$

Maka, Penampang Kompak $M_n = M_p$

Dikarenakan penampang kompak maka tidak dilakukan Kontrol Tekuk Lokal Badan dikarenakan sesuai AISC-2016 F7 keadaan batas dari tekuk lokal sayap dan tekuk lokal badan tidak diterapkan.

7.8.5 Analisa Komponen Struktur Tekan

Dikarenakan komponen yang ditinjau merupakan komponen struktur tekan maka pada perencanaannya sesuai dengan AISC-2016 E sebagai berikut :

$$L = 17.3 \text{ mm}$$

$$K = 1$$

$$Lk = kc \times L$$

$$= 17300 \text{ mm}$$

$$r = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$= 153.22 \text{ mm}$$

a. Kontrol kelangsingan

Kontrol kelangsingan sesuai dengan AISC-2016 E2 sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{Lk}{r} < 300$$

$$\lambda = \frac{17300}{153.22} < 200$$

$$112.91 < 200 \text{ (Memenuhi)}$$

b. Kontrol Kuat Tekan Nominal

Kontrol kuat tekan nominal sesuai dengan AISC-2016 E3 sebagai berikut :

$$\frac{L_k}{r} \sim 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{17300}{153.22} \sim 4.71 \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$12.229 > 104.03$$

Nilai $\frac{L_k}{r} < 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ sehingga digunakan rumus Tegangan

Kritis $f_{cr} = \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}}\right) \times f_y$, maka :

$$f_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K \times L}{r}\right)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 \times 200000}{\left(\frac{17300}{153.22}\right)^2}$$

$$= 154.84 \text{ Mpa}$$

$$f_{cr} = 0.8777 \times f_e$$

$$= 0.8777 \times 154.84$$

$$= 135.35$$

$$P_n = f_{cr} \times A_g$$

$$= 135.35 \times 30400$$

$$= 4128166.76 \text{ N}$$

LRFD ($\phi = 0,9$)	ASD ($\Omega = 1,67$)
$P_u < \phi \times P_n$	$P_u < \frac{P_n}{\Omega}$
259797.97 < 3715350.08	

(Memenuhi)

$$178602.86 < 2471956.14$$

(Memenuhi)

Maka, Profil BOX 400 400 20 dapat gaya tarik yang terjadi pada Ikatan Angin Rangka Busur

7.8.6 Analisa Desain Komponen Struktur Lentur

a. Kontrol Kelelahan

Kontrol kelelahan sesuai dengan AISC-2016 F7 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol kelelahan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \cdot f_y \\ &= (3568.5 \times 1000) \times 410 \\ &= 1831119.04 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

`LRFD ($\phi = 0,9$)ASD ($\Omega = 1,67$)

$$Mu < \phi \cdot M_n$$

$$47652.91 < 1648007.14$$

(Memenuhi)

$$M_u < \frac{M_n}{\Omega}$$

$$43010.8 < 1096478.47$$

(Memenuhi)

Maka, Profil BOX 400 400 20 dapat menahan momen yang terjadi pada Ikatan Angin Rangka Busur..

b. Kontrol Tekuk Torsi Lateral

Kontrol tekuk torsi lateral ini sesuai dengan AISC-2016 F7 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol tekuk torsi lateralnya sebagai berikut :

Jarak Antara Gelagar Memanjang = $L_b = 4879.55 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} J_c &= \frac{b \times t_f^3 + (h - t_f) \times t_w^3}{3} \\ &= 3146666.667 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,13 \times E \times r_y \times \sqrt{\frac{J \times A_g}{M_p}} \\ &= 1.13 \times 200000 \times 153 \times \sqrt{\frac{3146666.667 \times 30400}{410000}} \\ &= 672.89 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_r &= 2 \times E \times r_y \frac{\sqrt{J \times A_g}}{0.7 \times f_y \times S_x} \\
 &= 2 \times 200000 \times 153 \frac{\sqrt{3146666.667 \times 30400}}{0.7 \times 410 \times 35685000} \\
 &= 18508.59 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$L_p < L_b < L_r$$

$$672.89 < 17300 < 18508.59$$

Maka, termasuk dalam Bentang Menengah $L_p \leq L \leq L_r$

Bentang Menengah $L_p \leq L \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times f_y \times S_x) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \cdot f_y \\
 &= (3568.5 \times 1000) \times 410 \\
 &= 1831119.04
 \end{aligned}$$

LRFD	ASD
$R_A = \frac{1}{2} \cdot P_u$ $= 17325.91 \text{ N}$ $MA = MC = 74934560.75 \text{ Nm}$ $MB = M_{max}$ $= 47652910.00 \text{ Nm}$ $C_b = \frac{12.5 \cdot M_{max}}{2.5 \cdot M_{max} + 3M_A + 4M_B + 4M_C}$ $= 0.7843454$ $M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times f_y \times S_x) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right]$ $\leq M_p$ $= 846287862.20 \text{ Nmm}$	$R_A = \frac{1}{2} \cdot P_u$ $= 15792.82 \text{ N}$ $MA = MC = 68303946.50 \text{ Nm}$ $MB = M_{max} = 43010800.00 \text{ Nm}$ $C_b = \frac{12.5 \cdot M_{max}}{2.5 \cdot M_{max} + 3M_A + 4M_B + 4M_C}$ $= 0.77986622$ $M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 \times f_y \times S_x) \frac{(L_b - L_p)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$ $= 841359323.92 \text{ Nmm}$
LRFD ($\phi = 0.9$)	ASD ($\Omega = 1.67$)
$M_u < \phi \cdot M_n$ $47652.91 < 761659.08$ (Memenuhi)	$M_u < \frac{M_n}{\Omega}$ $43010.8 < 503807.98$ (Memenuhi)

Maka, Profil BOX 400 400 20 dapat menahan momen yang terjadi pada Ikatan Angin Rangka Busur.

7.8.7 Analisa Desain Komponen Struktur Geser

Kontrol kuat geser ini sesuai dengan AISC-2016 G4 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol kuat gesernya sebagai berikut :

$$A_w = 2 \times h \times t$$

$$= 2 \times 400 \times 20$$

$$= 16000.00 \text{ mm}^2$$

$$C_v = 1 \text{ (AISC – 2016 G2 – 2 (1 – 71))}$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 410 \times 72000 \times 1$$

$$= 3936000.00 \text{ N}$$

LRFD ($\phi = 1$)	ASD ($\Omega = 1,5$)
$V_u < \phi \cdot V_n$	$V_u < \frac{V_n}{\Omega}$
17325.91 < 3936000	15792.82 < 2624000
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil BOX 400 400 20 dapat menahan gaya geser yang terjadi pada Rangka Busur Bawah.

7.8.8 Rekapitulasi Analisa Perencanaan Ikatan Angin Rangka Busur.

Tabel 7. 19: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Ikatan Angin Rangka Busur.1

	Panjang Bentang		Gaya Aksial Ultimate	Kekuatan Aksial Nominal
Frame	Lb		P	Pn'
	m		N	N
AWH1	17.3	LRFD	-259797.97	3715350.08
AWH1	17.3	ASD	-178602.86	2471956.14
AWH10	17.3	LRFD	27772.16	12530925.00
AWH10	17.3	ASD	23357.44	8353950.00
AWH11	17.3	LRFD	28255.57	12530925.00
AWH11	17.3	ASD	23842.89	8353950.00
AWH12	17.3	LRFD	-895.13	3715350.08
AWH12	17.3	ASD	-2926.47	2471956.14
AWH13	17.3	LRFD	48049.45	12530925.00
AWH13	17.3	ASD	41410.6	8353950.00
AWH14	17.3	LRFD	-2814.82	3715350.08
AWH14	17.3	ASD	-4935.3	2471956.14
AWH15	17.3	LRFD	30499.87	12530925.00
AWH15	17.3	ASD	25222.84	8353950.00
AWH16	17.3	LRFD	32449.38	12530925.00
AWH16	17.3	ASD	26884.92	8353950.00
AWH17	17.3	LRFD	13515.43	12530925.00
AWH17	17.3	ASD	9557.03	8353950.00
AWH18	17.3	LRFD	12900.94	12530925.00
AWH18	17.3	ASD	8889.43	8353950.00
AWH19	17.3	LRFD	33685.88	12530925.00
AWH19	17.3	ASD	27703.52	8353950.00
AWH2	17.3	LRFD	-78778.3	3715350.08
AWH2	17.3	ASD	-53134.27	2471956.14
AWH20	17.3	LRFD	33183.94	12530925.00
AWH20	17.3	ASD	27156.99	8353950.00
AWH21	17.3	LRFD	-7059.57	3715350.08
AWH21	17.3	ASD	-9394.63	2471956.14
AWH22	17.3	LRFD	56438.95	12530925.00
AWH22	17.3	ASD	48168.96	8353950.00
AWH23	17.3	LRFD	-9265.3	3715350.08

	Panjang Bentang		Gaya Aksial Ultimate	Kekuatan Aksial Nominal
Frame	Lb		P	Pn'
	m		N	N
AWH23	17.3	ASD	-11762.67	2471956.14
AWH24	17.3	LRFD	31142.66	12530925.00
AWH24	17.3	ASD	24943.21	8353950.00
AWH25	17.3	LRFD	33007.88	12530925.00
AWH25	17.3	ASD	26551.16	8353950.00
AWH26	17.3	LRFD	8955.06	12530925.00
AWH26	17.3	ASD	4756.73	8353950.00
AWH27	17.3	LRFD	5396.95	12530925.00
AWH27	17.3	ASD	2061.99	8353950.00
AWH28	17.3	LRFD	32306.49	12530925.00
AWH28	17.3	ASD	25795.21	8353950.00
AWH29	17.3	LRFD	79140.77	12530925.00
AWH29	17.3	ASD	58723.57	8353950.00
AWH3	17.3	LRFD	-6397.1	3715350.08
AWH3	17.3	ASD	-4065.49	2471956.14
AWH30	17.3	LRFD	135961.91	12530925.00
AWH30	17.3	ASD	90457.46	8353950.00
AWH31	17.3	LRFD	154685.81	12530925.00
AWH31	17.3	ASD	117260.23	8353950.00
AWH4	17.3	LRFD	23241.73	12530925.00
AWH4	17.3	ASD	20247.93	8353950.00
AWH5	17.3	LRFD	5188.44	12530925.00
AWH5	17.3	ASD	4007.65	8353950.00
AWH6	17.3	LRFD	22847.34	12530925.00
AWH6	17.3	ASD	19632.77	8353950.00
AWH7	17.3	LRFD	25309.71	12530925.00
AWH7	17.3	ASD	21576.5	8353950.00
AWH8	17.3	LRFD	15118.3	12530925.00
AWH8	17.3	ASD	12149.64	8353950.00
AWH9	17.3	LRFD	14144.2	12530925.00
AWH9	17.3	ASD	11121.14	8353950.00

Tabel 7. 20: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Ikatan
Angin Rangka Busur.2

	Panjang Bentang		Momen Ultimate	Kekuatan Lentur Nominal	Geser Ultimate	Kekuatan Geser Nominal
Frame	Lb		M3	Mn'	V2	Vn'
	m		Nm	Nm	N	N
AWH1	17.3	LRFD	-47652.91	1648007.14	17325.91	3936000.00
AWH1	17.3	ASD	-43010.8	1096478.47	15792.82	2624000.00
AWH10	17.3	LRFD	-9066.14	1648007.14	16366.1	3936000.00
AWH10	17.3	ASD	-9901.93	1096478.47	15243.83	2624000.00
AWH11	17.3	LRFD	-9153.46	1648007.14	16649.09	3936000.00
AWH11	17.3	ASD	-9850.38	1096478.47	15493.45	2624000.00
AWH12	17.3	LRFD	-5854.4	1648007.14	16504.22	3936000.00
AWH12	17.3	ASD	-6978.15	1096478.47	15377.39	2624000.00
AWH13	17.3	LRFD	-5600.93	1648007.14	16840.36	3936000.00
AWH13	17.3	ASD	-6748.28	1096478.47	15687.75	2624000.00
AWH14	17.3	LRFD	-4172.7	1648007.14	16871.11	3936000.00
AWH14	17.3	ASD	-5393.86	1096478.47	15706.67	2624000.00
AWH15	17.3	LRFD	-3719.61	1648007.14	17116.13	3936000.00
AWH15	17.3	ASD	-4979.07	1096478.47	15932.93	2624000.00
AWH16	17.3	LRFD	-3470.35	1648007.14	17351.09	3936000.00
AWH16	17.3	ASD	-4690.03	1096478.47	16135.63	2624000.00
AWH17	17.3	LRFD	-2680.65	1648007.14	17437.94	3936000.00
AWH17	17.3	ASD	-3926	1096478.47	16207.13	2624000.00
AWH18	17.3	LRFD	-2323.97	1648007.14	17620.06	3936000.00
AWH18	17.3	ASD	-3543.68	1096478.47	16362.48	2624000.00
AWH19	17.3	LRFD	-2560.73	1648007.14	17905.42	3936000.00
AWH19	17.3	ASD	-3684.61	1096478.47	16607.75	2624000.00
AWH2	17.3	LRFD	-36628.63	1648007.14	15090.11	3936000.00
AWH2	17.3	ASD	-34502.08	1096478.47	14206.6	2624000.00
AWH20	17.3	LRFD	-2639.37	1648007.14	18105.95	3936000.00
AWH20	17.3	ASD	-3676.59	1096478.47	16774.21	2624000.00
AWH21	17.3	LRFD	-2182.62	1648007.14	18184.02	3936000.00
AWH21	17.3	ASD	-3241.43	1096478.47	16835.41	2624000.00
AWH22	17.3	LRFD	-3122.25	1648007.14	18518.75	3936000.00
AWH22	17.3	ASD	-3958.12	1096478.47	17118.02	2624000.00
AWH23	17.3	LRFD	-3465.98	1648007.14	18696.44	3936000.00
AWH23	17.3	ASD	-4115.39	1096478.47	17245.28	2624000.00
AWH24	17.3	LRFD	-4048.48	1648007.14	18932.3	3936000.00

Panjang Bentang			Momen Ultimate	Kekuatan Lentur Nominal	Geser Ultimate	Kekuatan Geser Nominal
Frame	Lb		M3	Mn'	V2	Vn'
	m		Nm	Nm	N	N
AWH24	17.3	ASD	-4561.44	1096478.47	17442.32	2624000.00
AWH25	17.3	LRFD	-4750.49	1648007.14	19169.54	3936000.00
AWH25	17.3	ASD	-5075.57	1096478.47	17630.49	2624000.00
AWH26	17.3	LRFD	-5085.34	1648007.14	19310.15	3936000.00
AWH26	17.3	ASD	-5280.23	1096478.47	17735.91	2624000.00
AWH27	17.3	LRFD	-5664.6	1648007.14	19510.87	3936000.00
AWH27	17.3	ASD	-5679.6	1096478.47	17889.87	2624000.00
AWH28	17.3	LRFD	-6544.07	1648007.14	19761.36	3936000.00
AWH28	17.3	ASD	-6317.73	1096478.47	18083.28	2624000.00
AWH29	17.3	LRFD	-7536.05	1648007.14	19985.26	3936000.00
AWH29	17.3	ASD	-7028.51	1096478.47	18250.35	2624000.00
AWH3	17.3	LRFD	-24745.89	1648007.14	15214.1	3936000.00
AWH3	17.3	ASD	-23589.74	1096478.47	14107.1	2624000.00
AWH30	17.3	LRFD	-8546.27	1648007.14	20192.7	3936000.00
AWH30	17.3	ASD	-7731.65	1096478.47	18397.76	2624000.00
AWH31	17.3	LRFD	-10333.64	1648007.14	20619.06	3936000.00
AWH31	17.3	ASD	-9492.43	1096478.47	18815.8	2624000.00
AWH4	17.3	LRFD	-33378.85	1648007.14	16726.81	3936000.00
AWH4	17.3	ASD	-30493.17	1096478.47	15374.18	2624000.00
AWH5	17.3	LRFD	-19357.47	1648007.14	15579.25	3936000.00
AWH5	17.3	ASD	-18942.24	1096478.47	14460.89	2624000.00
AWH6	17.3	LRFD	-16988.89	1648007.14	15809.07	3936000.00
AWH6	17.3	ASD	-16932.35	1096478.47	14693.85	2624000.00
AWH7	17.3	LRFD	-14726.01	1648007.14	15967.21	3936000.00
AWH7	17.3	ASD	-14934.52	1096478.47	14847.71	2624000.00
AWH8	17.3	LRFD	-12235.29	1648007.14	16010.43	3936000.00
AWH8	17.3	ASD	-12716.9	1096478.47	14898.18	2624000.00
AWH9	17.3	LRFD	-10293.57	1648007.14	16137.83	3936000.00
AWH9	17.3	ASD	-10995.09	1096478.47	15026.93	2624000.00

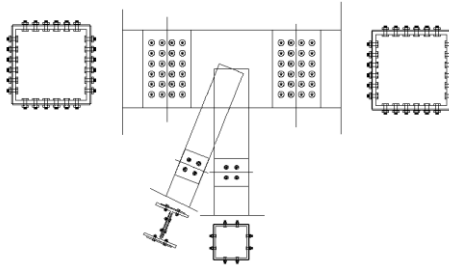
7.8.9 Sambungan Ikatan Angin Rangka Busur AWH-1

a. Data Perencanaan

Profil Ikatan Angin Rangka Busur. = BOX 400 400 20

D baut (M20) db = 22

D lubang	=	24
Gaya tarik minimum (Tb)	=	179000 N
Bidang Geser	ns	= 1
Koefisien gesek	μ	= 0.5 (permukaan B)
	hf	= 1
	Du	= 1.13 (AISC-2016 J3-8)



Gambar 7. 19: Detail Sambungan Ikatan Angin Rangka Busur.

b. Kuat Rencana Baut Tipe Gesek

$$\begin{aligned}
 Rn &= \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s \\
 &= 0.5 \times 1.13 \times 1 \times 179000 \times 1 \\
 &= 101135 \text{ N}
 \end{aligned}$$

c. Jumlah Baut

LRFD ($\phi = 1$)	ASD ($\Omega = 1.5$)
$R_u = 259797.97 \text{ Nm}$	$R_u = 178602.86 \text{ Nm}$
Jumlah Baut :	Jumlah Baut :
$n = \frac{R_u}{\phi \cdot Rn}$	$n = \frac{R_u}{\left(\frac{Rn}{\Omega}\right)}$
$= \frac{259797.97}{101136.13}$	$= \frac{178602.86}{67424.46}$
$= 2.57 = 3 \text{ buah}$	$= 2.65 = 3 \text{ buah}$

Jadi Digunakan Baut M20 dengan minimal sejumlah 3 buah

d. Jarak Pemasangan Baut

Jarak Tepi S1 = 100

Syarat = $1.5 \cdot d_b < S_1 < (4 \cdot t_p + 100\text{mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$

$$35 < 100 < 140 \text{ (Memenuhi)}$$

Jarak Antar baut $S = 120$

$$\text{Syarat} = \left(2 + \frac{2}{3}\right) \cdot d_b < S_1 < 15 \cdot t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$66 < 120 < 150 \text{ (Memenuhi)}$$

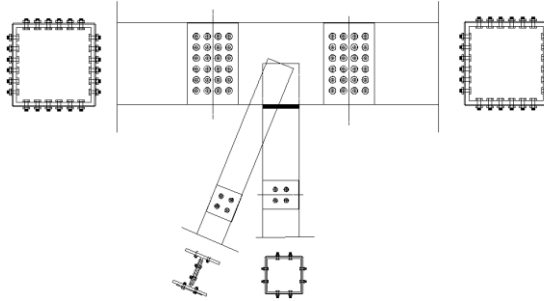
e. Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Rangka Busur.

Tabel 7. 21:Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Rangka Busur.

		Kekuatan Baut Nominal	Jumlah Baut Yang Dibutuhkan
Frame	Ru N	Rn' N	n buah
AWH1	-259797.97	101135.00	3.00
AWH1	-178602.86	67423.33	3.00
AWH10	27772.16	101135.00	1.00
AWH10	23357.44	67423.33	1.00
AWH11	28255.57	101135.00	1.00
AWH11	23842.89	67423.33	1.00
AWH12	-895.13	101135.00	1.00
AWH12	-2926.47	67423.33	1.00
AWH13	48049.45	101135.00	1.00
AWH13	41410.6	67423.33	1.00
AWH14	-2814.82	101135.00	1.00
AWH14	-4935.3	67423.33	1.00
AWH15	30499.87	101135.00	1.00
AWH15	25222.84	67423.33	1.00
AWH16	32449.38	101135.00	1.00
AWH16	26884.92	67423.33	1.00
AWH17	13515.43	101135.00	1.00
AWH17	9557.03	67423.33	1.00
AWH18	12900.94	101135.00	1.00
AWH18	8889.43	67423.33	1.00
AWH19	33685.88	101135.00	1.00
AWH19	27703.52	67423.33	1.00
AWH2	-78778.3	101135.00	1.00
AWH2	-53134.27	67423.33	1.00
AWH20	33183.94	101135.00	1.00
AWH20	27156.99	67423.33	1.00

Frame	Kekuatan Baut Nominal		Jumlah Baut Yang Dibutuhkan
	Ru	Rn'	n
	N	N	buah
AWH21	-7059.57	101135.00	1.00
AWH21	-9394.63	67423.33	1.00
AWH22	56438.95	101135.00	1.00
AWH22	48168.96	67423.33	1.00
AWH23	-9265.3	101135.00	1.00
AWH23	-11762.67	67423.33	1.00
AWH24	31142.66	101135.00	1.00
AWH24	24943.21	67423.33	1.00
AWH25	33007.88	101135.00	1.00
AWH25	26551.16	67423.33	1.00
AWH26	8955.06	101135.00	1.00
AWH26	4756.73	67423.33	1.00
AWH27	5396.95	101135.00	1.00
AWH27	2061.99	67423.33	1.00
AWH28	32306.49	101135.00	1.00
AWH28	25795.21	67423.33	1.00
AWH29	79140.77	101135.00	1.00
AWH29	58723.57	67423.33	1.00
AWH3	-6397.1	101135.00	1.00
AWH3	-4065.49	67423.33	1.00
AWH30	135961.91	101135.00	2.00
AWH30	90457.46	67423.33	2.00
AWH31	154685.81	101135.00	2.00
AWH31	117260.23	67423.33	2.00
AWH4	23241.73	101135.00	1.00
AWH4	20247.93	67423.33	1.00
AWH5	5188.44	101135.00	1.00
AWH5	4007.65	67423.33	1.00
AWH6	22847.34	101135.00	1.00
AWH6	19632.77	67423.33	1.00
AWH7	25309.71	101135.00	1.00
AWH7	21576.5	67423.33	1.00
AWH8	15118.3	101135.00	1.00
AWH8	12149.64	67423.33	1.00
AWH9	14144.2	101135.00	1.00
AWH9	11121.14	67423.33	1.00

f. Pehitungan Sambungan Las katan Angin Rangka Busur

**Gambar 7. 20:** Detail Sambungan Ikatan Angin Rangka Busur.

LRFD ($\phi = 0.75$)	ASD ($\Omega = 2$)
$R_u = 259797.97 \text{ Nm}$	$R_u = 178602.86 \text{ Nm}$
$a = 8 \text{ mm}$	$a = 8 \text{ mm}$
$L_1 = 1600 \text{ mm}$	$L_{w1} = 1600 \text{ mm}$
$R_{nw} = \phi \times t_e \times 0.6 \times f_{uw}$ $= 0.75 \times 8 \times 0.707 \times 0.6 \times 490$ $= 1247 \text{ N}$	$R_{nw} = \phi \times t_e \times 0.6 \times f_{uw}$ $= \frac{1}{2} \times 8 \times 0.707 \times 0.6 \times 490$ $= 831 \text{ N}$
$L_{w2} = \frac{R_u}{R_{nw}} < L_{w1}$ $= \frac{259797.97}{1247} < 1600$ $= 208.3 < 1600$ (Memenuhi)	$L_{w2} = \frac{R_u}{R_{nw}} < L_{w1}$ $= \frac{178602.86}{831} < 1600$ $= 214.8 < 1600$ (Memenuhi)
Syarat : ($t = 20$)	
$8 \text{ mm} < 8 \text{ mm} < (20 - 1.6)$	
$8 \text{ mm} < 8 \text{ mm} < 18.4$	
(Memenuhi)	

7.9 Perencanaan Ikatan Angin Rangka Busur Silang

7.9.1 Frame AWI-31



Gambar 7. 21: Letak Frame AWI-31

Tabel 7. 22: Hasil Output SAP Untuk Ikatan Angin Rangka Busur Silang

TABLE: Element Forces - Frames							
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	N	N	N	N-m	N-m
AWI31	9.33126	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	-284271.93	7939.83	777.01	-3771.82	-6442.79
AWI31	9.33126	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	-202371.17	7181.21	563.43	-2757.95	-5906.51

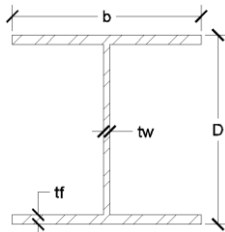
7.9.2 Hasil Analisa Gaya Dalam

Dari hasil analisa gaya dalam menggunakan SAP2000 yang terjadi pada frame sebagai berikut:

LRFD	ASD
B = 9.33126 m	B = 9.33126 m
Pu = -284271.93 N	Pu = -202371.17 N
M(U) = -6442.79 Nm	M(U) = -5906.51 Nm
V(U) = 7939.83 Nm	V(U) = 7181.21 Nm

7.9.3 Detail Profil W 300 300 21 20

Struktur direncanakan memakai profil W 300 300 21 20 dengan data profil sebagai berikut :



Gambar 7. 22: Profil W Ikatan Angin Rangka Busur Silang

D	=	300.0	mm	I _x	=	28950.8	cm ⁴
B	=	300.0	mm	I _y	=	9563.1	cm ⁴
T _f	=	21.0	mm	i _x	=	12.5	cm
T _w	=	20.0	mm	i _y	=	7.2	cm
R	=	28.0	mm	S _x	=	1930.1	cm ³
A	=	184.3	cm ²	S _y	=	637.5	cm ³
W	=	144.7	W	Z _x	=	2180.7	cm ³
				Z _y	=	980.2	cm ³

7.9.4 Klasifikasi Penampang

Pada perencanaan ini sesuai dengan AISC-2016 B4 untuk mengklasifikasikan jenis penampangnya sebagai berikut :

- a. Kontrol Penampang Terhadap Gaya Aksial

$$\frac{b_f}{t_f} < 0.56 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{300}{21.2} < 0.56 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$7.14 < 12.37 \text{ (Memenuhi)}$$

- b. Penampang Terhadap Lentur

$$\frac{h}{t_w} < 0.38 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{300}{20} < 0.38 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$7.14 < 8.3917.86 \text{ (Kompak)}$$

Maka, Penampang Kompak $M_n = M_p$

Dikarenakan penampang kompak maka tidak dilakukan Kontrol Tekuk Lokal Badan dikarenakan sesuai AISC-2016 F7 keadaan batas dari tekuk lokal sayap dan tekuk lokal badan tidak diterapkan.

7.9.5 Analisa Komponen Struktur Tekan

Dikarenakan komponen yang ditinjau merupakan komponen struktur tekan maka pada perencanaannya sesuai dengan AISC-2016 E sebagai berikut :

$$L = 9331.26 \text{ mm}$$

$$K = 1$$

$$\begin{aligned} Lk &= kc \times L \\ &= 9331.26 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{I_y}{A}} \\ &= 72.03 \text{ mm} \end{aligned}$$

a. Kontrol kelangsingan

Kontrol kelangsingan sesuai dengan AISC-2016 E2 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{Lk}{r} < 300 \\ \lambda &= \frac{9331.26}{72.03} < 200 \\ 129.55 &< 200 \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

b. Kontrol Kuat Tekan Nominal

Kontrol kuat tekan nominal sesuai dengan AISC-2016 E3 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{L_k}{r} &\sim 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ \frac{9331.26}{72.03} &\sim 4.71 \sqrt{\frac{200000}{410}} \\ 129.55 &> 104.03 \end{aligned}$$

Nilai $\frac{L_k}{r} < 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ sehingga digunakan rumus Tegangan

Kritis $f_{cr} = \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}}\right) \times f_y$, maka :

$$f_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K \times L}{r}\right)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 \times 200000}{\left(\frac{9331.26}{72.03}\right)^2}$$

$$= 117.61 \text{ Mpa}$$

$$f_{cr} = \left(0,658^{\frac{f_y}{f_e}}\right) \times f_y$$

$$= \left(0,658^{\frac{410}{117.61}}\right) \times 410$$

$$= 103.15$$

$$P_n = f_c \times A_g$$

$$= 103.15 \times 18430$$

$$= 1901283.19 \text{ N}$$

LRFD ($\phi = 0,9$)	ASD ($\Omega = 1,67$)
$P_u < \phi \times P_n$	$P_u < \frac{P_n}{\Omega}$
284271.93 < 1711154.87	202371.17 < 1138492.93
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil W 300 300 21 20 dapat menahan gaya tarik yang terjadi pada Ikatan Angin Rangka Busur.

7.9.6 Analisa Desain Komponen Struktur Lentur

a. Kontrol Kelelahan

Kontrol kelelahan sesuai dengan AISC-2016 F7 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol kelelahan sebagai berikut :

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$\begin{aligned}
 &= (2180.7 \times 1000) \times 410 \\
 &= 894078.80 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

LRFD ($\phi = 0,9$)	ASD ($\Omega = 1,67$)
$M_u < \phi \cdot M_n$	$M_u < \frac{M_n}{\Omega}$
6442.79 < 804670.92	5906.51 < 535376.53
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil W 300 300 21 20 dapat menahan momen yang terjadi pada Ikatan Angin Rangka Busur Silang.

b. Kontrol Tekuk Torsi Lateral

Kontrol tekuk torsi lateral ini sesuai dengan AISC-2016 F7 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol tekuk torsi lateralnya sebagai berikut :

Jarak Antara Ikatan Angin Silang = $L_b = 4879.55 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 J_c &= \frac{b \times t_f^3 + (h - t_f) \times t_w^3}{3} \\
 &= 2596200 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r_{ts} &= \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{h \times t_w}{6 \times b_f \times t_f} \right)}} \\
 &= 80.45 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_0 &= D - (2 \times 0.5 \times t_w) \\
 &= 280.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_p &= 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\
 &= 1.76 \times 72 \times \sqrt{\frac{200000}{410}} \\
 &= 2799.86 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_r &= 1.95 \times r_{ts} \times \frac{E}{0.7 \times f_y} \times \sqrt{\frac{J_c}{S_x \times h_0} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x \times h_0} \right)^2 + 6.76 \times \left(\frac{0.7 \times f_y}{E} \right)^2}} \\
 &= 1.95 \times 80.45 \times \frac{200000}{0.7 \times 410} \times \sqrt{\frac{2596200}{1930100 \times 384} + \sqrt{\left(\frac{2596200}{1930100 \times 384} \right)^2 + 6.76 \times \left(\frac{0.7 \times 410}{200000} \right)^2}}
 \end{aligned}$$

$$= 7223.65 \text{ mm}$$

$$L_p < L_b > L_r$$

$$2799.86 < 9331.26 > 7223.65$$

Maka, termasuk dalam Bentang Panjang $L \geq L_r$

Bentang Panjang $L \geq L_r$

$$M_n = f_{cr} \times S_x$$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \cdot f_y \\ &= (2180.7 \times 1000) \times 410 \\ &= 894078.80 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

LRFD	ASD
$R_A = \frac{1}{2} \cdot P_u$ $= 7939.83 \text{ N}$ $MA = MC = 18522154.52 \text{ Nm}$ $MB = Mmax = 6442790.00 \text{ Nm}$ $Cb = \frac{12, 5 \cdot M_{max}}{2, 5 \cdot M_{max} + 3M_A + 4M_B + 4M_C}$ $= 0.52633368$ $f_{cr} = \frac{Cb \times \pi^2 \times E}{\left(\frac{Lb}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \times \frac{Jc}{S_x \times h_o} \times \left(\frac{Lb}{r_{ts}}\right)^2}$ $= 189.82$ $Mn = f_{cr} \times S_x \leq M_p$ $= 366360493.25 \text{ Nmm}$	$R_A = \frac{1}{2} \cdot P_u$ $= 7181.21 \text{ N}$ $MA = MC = 16752434.41 \text{ Nm}$ $MB = Mmax = 5906510.00 \text{ Nm}$ $Cb = \frac{12, 5 \cdot M_{max}}{2, 5 \cdot M_{max} + 3M_A + 4M_B + 4M_C}$ $= 0.53151689$ $f_{cr} = \frac{Cb \times \pi^2 \times E}{\left(\frac{Lb}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \times \frac{Jc}{S_x \times h_o} \times \left(\frac{Lb}{r_{ts}}\right)^2}$ $= 191.69$ $Mn = f_{cr} \times S_x \leq M_p$ $= 369968327.50 \text{ Nmm}$
LRFD ($\phi = 0,9$)	ASD ($\Omega = 1,67$)
$Mu < \phi \cdot M_n$ $6442.79 < 329724.44$ <p>(Memenuhi)</p>	$M_u < \frac{M_n}{\Omega}$ $5906.51 < 221537.92$ <p>(Memenuhi)</p>

Maka, Profil W 300 300 21 20 dapat menahan momen yang terjadi pada Ikatan Angin Rangka Busur Silang.

7.9.7 Analisa Desain Komponen Struktur Geser

Kontrol kuat geser ini sesuai dengan AISC-2016 G4 dikarenakan penampang berbentuk persegi atau boxs, sehingga kontrol kuat gesernya sebagai berikut :

$$A_w = D.t_w$$

$$= 300 \times 20$$

$$= 6000.00 \text{ mm}^2$$

$$C_v = 1 \text{ (AISC – 2016 G2 – 2 (1 – 71))}$$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,6 \times 410 \times 6000 \times 1$$

$$= 1476000.00 \text{ N}$$

LRFD ($\phi = 1$)	ASD ($\Omega = 1,5$)
$V_u < \phi.V_n$	$V_u < \frac{V_n}{\Omega}$
7939.83 < 1476000	7181.21 < 984000
(Memenuhi)	(Memenuhi)

Maka, Profil W 300 300 21 20 dapat menahan gaya geser yang terjadi pada Rangka Busur Bawah.

7.9.8 Rekapitulasi Analisa Perencanaan Ikatan Angin Rangka Busur Silang

Tabel 7. 23: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Ikatan Angin Rangka Busur Silang 1

	Panjang Bentang		Gaya Aksial Ultimate	Kekuatan Aksial Nominal
Frame	Lb		P	Pn'
	m		N	N
AWI1	9.61054	LRFD	-20049.52	1613148.39
AWI1	9.61054	ASD	-21109.2	1711154.87
AWI10	9.46744	LRFD	-23476.51	1138492.93
AWI10	9.46744	ASD	-19401.61	1710711.18
AWI11	9.45912	LRFD	-23085.95	1138197.73
AWI11	9.45912	ASD	-18907.37	1710366.62
AWI14	9.41462	LRFD	-23188.98	1136891.43
AWI14	9.41462	ASD	-18610.45	1707182.48
AWI15	9.40811	LRFD	-24275.75	1135849.96
AWI15	9.40811	ASD	-19459.51	1706254.54
AWI16	9.40186	LRFD	-23867.14	1135232.56
AWI16	9.40186	ASD	-18973.58	1705228.84
AWI17	9.39015	LRFD	-25088.15	1134550.12
AWI17	9.39015	ASD	-19976.19	1701578.87
AWI18	9.3795	LRFD	-23393.29	1132121.67
AWI18	9.3795	ASD	-18318.18	1628664.89
AWI19	9.37457	LRFD	-24246.29	1083609.37
AWI19	9.37457	ASD	-18984.21	1701578.87
AWI2	9.5987	LRFD	-29648.82	1132121.67
AWI2	9.5987	ASD	-23381.17	1697070.90
AWI20	9.3699	LRFD	-24389.73	1129122.36
AWI20	9.3699	ASD	-19022.03	1695380.51
AWI21	9.35748	LRFD	-23632.95	1127997.68
AWI21	9.35748	ASD	-18236.42	1693598.75
AWI22	9.35748	LRFD	-23855.4	1126812.21
AWI22	9.35748	ASD	-18351.67	1689759.28
AWI23	9.34746	LRFD	-23583.34	1124257.67
AWI23	9.34746	ASD	-18022.79	1685552.71
AWI24	9.34465	LRFD	-22347.82	1121458.89
AWI24	9.34465	ASD	-16805.77	1683313.96
AWI25	9.34211	LRFD	-23346.57	1119969.37

	Panjang Bentang		Gaya Aksial Ultimate	Kekuatan Aksial Nominal
Frame	Lb		P	Pn'
	m		N	N
AWI25	9.34211	ASD	-17627.8	1680986.82
AWI26	9.33783	LRFD	-23161.48	1118421.04
AWI26	9.33783	ASD	-17369.27	1673484.33
AWI27	9.33461	LRFD	-21488.34	1113429.36
AWI27	9.33461	ASD	-15798.23	1673484.33
AWI28	9.33341	LRFD	-20280.4	1113429.36
AWI28	9.33341	ASD	-14822.17	1639552.36
AWI29	9.33247	LRFD	-20413.72	1090853.20
AWI29	9.33247	ASD	-15016.78	1665207.77
AWI3	9.56465	LRFD	-18439.05	1107922.67
AWI3	9.56465	ASD	-15680.16	1662282.28
AWI30	9.33126	LRFD	-283815.21	1105976.24
AWI30	9.33126	ASD	-202177.51	1659273.44
AWI31	9.33126	LRFD	-284271.93	1103974.35
AWI31	9.33126	ASD	-202371.17	1653012.05
AWI34	9.33461	LRFD	-21903.35	1093168.39
AWI34	9.33461	ASD	-15975.29	1639552.36
AWI35	9.33783	LRFD	-23578.91	1090853.20
AWI35	9.33783	ASD	-17547.28	1628664.89
AWI36	9.34211	LRFD	-23768.77	1083609.37
AWI36	9.34211	ASD	-17808.55	1628664.89
AWI37	9.34465	LRFD	-22770.19	1083609.37
AWI37	9.34465	ASD	-16987.09	1617130.48
AWI38	9.34746	LRFD	-23989.6	1075935.12
AWI38	9.34746	ASD	-18193.37	1643032.09
AWI39	9.35748	LRFD	-24237.12	1093168.39
AWI39	9.35748	ASD	-18502.57	1613148.39
AWI4	9.56465	LRFD	-20547.85	1073285.69
AWI4	9.56465	ASD	-17509.44	1646436.36
AWI40	9.35748	LRFD	-24006.41	1095433.38
AWI40	9.35748	ASD	-18385.07	1653012.05
AWI41	9.3699	LRFD	-24760.31	1099808.41
AWI41	9.3699	ASD	-19164.83	1659273.44
AWI42	9.37457	LRFD	-24631.76	1103974.35
AWI42	9.37457	ASD	-19139.28	1613148.39
AWI43	9.3795	LRFD	-23786.51	1711154.87

	Panjang Bentang		Gaya Aksial Ultimate	Kekuatan Aksial Nominal
Frame	Lb		P	Pn'
	m		N	N
AWI43	9.3795	ASD	-18479.89	1138492.93
AWI44	9.39015	LRFD	-25478.03	1710711.18
AWI44	9.39015	ASD	-20133.68	1138197.73
AWI47	9.41462	LRFD	-23604.84	1708747.82
AWI47	9.41462	ASD	-18789.25	1136891.43
AWI48	9.4357	LRFD	-25291.77	1707182.48
AWI48	9.4357	ASD	-20443.74	1135849.96
AWI49	9.4357	LRFD	-24079.13	1706254.54
AWI49	9.4357	ASD	-19486.25	1135232.56
AWI51	9.46744	LRFD	-23833.4	1628664.89
AWI51	9.46744	ASD	-19531.28	1083609.37
AWI52	9.47602	LRFD	-23391.84	1701578.87
AWI52	9.47602	ASD	-19287.23	1132121.67
AWI55	9.52274	LRFD	-21855	1693598.75
AWI55	9.52274	ASD	-18387.22	1126812.21
AWI56	9.53284	LRFD	-21212.95	1689759.28
AWI56	9.53284	ASD	-18002.29	1124257.67
AWI57	9.56465	LRFD	-20919.79	1685552.71
AWI57	9.56465	ASD	-17932.15	1121458.89
AWI58	9.56465	LRFD	-19508.1	1683313.96
AWI58	9.56465	ASD	-16846.99	1119969.37
AWI59	9.5987	LRFD	-17616.2	1680986.82
AWI59	9.5987	ASD	-15178.06	1118421.04
AWI6	9.52274	LRFD	-21474.47	1673484.33
AWI6	9.52274	ASD	-18150.46	1113429.36
AWI60	9.61054	LRFD	-22671.35	1673484.33
AWI60	9.61054	ASD	-19261.64	1113429.36
AWI7	9.51289	LRFD	-22605.63	1639552.36
AWI7	9.51289	ASD	-19042.62	1090853.20
AWI8	9.49395	LRFD	-23035.36	1665207.77
AWI8	9.49395	ASD	-19307.71	1107922.67
AWI9	9.47602	LRFD	-22991.22	1662282.28
AWI9	9.47602	ASD	-19117.93	1105976.24

Tabel 7. 24: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Ikatan
Angin Rangka Busur Silang 2

	Panjang Bentang		Momen Ultimate	Kekuatan Lentur Nominal	Geser Ultimate	Kekuatan Geser Nominal
Frame	Lb		M3	Mn'	V2	Vn'
	m		Nm	Nm	N	N
AWI1	9.61054	LRFD	-24796.31	804670.92	723.18	1476000.00
AWI1	9.61054	ASD	-21560.98	804670.92	598.33	1476000.00
AWI10	9.46744	LRFD	-9853.31	535376.53	246.31	984000.00
AWI10	9.46744	ASD	-8763.52	804670.92	226.32	1476000.00
AWI11	9.45912	LRFD	12292.29	535376.53	228.43	984000.00
AWI11	9.45912	ASD	11188.17	804670.92	211.57	1476000.00
AWI12	9.4357	LRFD	-8952.29	535376.53	201.07	984000.00
AWI12	9.4357	ASD	-7900.9	804670.92	184.79	1476000.00
AWI13	9.4357	LRFD	-7371.67	535376.53	185.25	984000.00
AWI13	9.4357	ASD	-6625.61	804670.92	174.65	1476000.00
AWI14	9.41462	LRFD	14600.39	535376.53	166.94	984000.00
AWI14	9.41462	ASD	13158.07	804670.92	155.47	1476000.00
AWI15	9.40811	LRFD	-6554.53	535376.53	146.05	984000.00
AWI15	9.40811	ASD	-5880.73	804670.92	138.66	1476000.00
AWI16	9.40186	LRFD	14964.57	535376.53	133.63	984000.00
AWI16	9.40186	ASD	13544.15	804670.92	128.54	1476000.00
AWI17	9.39015	LRFD	-5953.88	535376.53	113.66	984000.00
AWI17	9.39015	ASD	-5303.48	804670.92	110.09	1476000.00
AWI18	9.3795	LRFD	16205.57	535376.53	91.89	984000.00
AWI18	9.3795	ASD	14588.69	804670.92	90.4	1476000.00
AWI19	9.37457	LRFD	-4801.67	535376.53	77.9	984000.00
AWI19	9.37457	ASD	-4351.18	804670.92	78.97	1476000.00
AWI2	9.5987	LRFD	4858.34	535376.53	457.48	984000.00
AWI2	9.5987	ASD	4656.56	804670.92	416.77	1476000.00
AWI20	9.3699	LRFD	16024.38	535376.53	69.24	984000.00
AWI20	9.3699	ASD	14529.63	804670.92	72.32	1476000.00
AWI21	9.35748	LRFD	-4975.96	535376.53	33.58	984000.00
AWI21	9.35748	ASD	-4394.98	804670.92	38.13	1476000.00
AWI22	9.35748	LRFD	16471.67	535376.53	33.41	984000.00
AWI22	9.35748	ASD	14922.81	804670.92	40.96	1476000.00
AWI23	9.34746	LRFD	-4402.44	535376.53	8.39	984000.00
AWI23	9.34746	ASD	-3917.45	804670.92	16.77	1476000.00
AWI24	9.34465	LRFD	17487.09	535376.53	-5.61	984000.00

	Panjang Bentang		Momen Ultimate	Kekuatan Lentur Nominal	Geser Ultimate	Kekuatan Geser Nominal
Frame	Lb		M3	Mn'	V2	Vn'
	m		Nm	Nm	N	N
AWI24	9.34465	ASD	15721.71	804670.92	5.12	1476000.00
AWI25	9.34211	LRFD	-3353.11	535376.53	-10.56	984000.00
AWI25	9.34211	ASD	-3112.55	804670.92	1.24	1476000.00
AWI26	9.33783	LRFD	-3599.01	535376.53	-30.73	984000.00
AWI26	9.33783	ASD	-3284.65	804670.92	-17.37	1476000.00
AWI27	9.33461	LRFD	17949.5	535376.53	-51.78	984000.00
AWI27	9.33461	ASD	16101.54	804670.92	-36.91	1476000.00
AWI28	9.33341	LRFD	-2802.83	535376.53	-71.88	984000.00
AWI28	9.33341	ASD	-2697.53	804670.92	-52.22	1476000.00
AWI29	9.33247	LRFD	-2514.61	535376.53	-148.35	984000.00
AWI29	9.33247	ASD	-2490.56	804670.92	-106.3	1476000.00
AWI3	9.56465	LRFD	-20926.38	535376.53	470.08	984000.00
AWI3	9.56465	ASD	-18145.8	804670.92	416.58	1476000.00
AWI30	9.33126	LRFD	-6418.55	535376.53	-776.83	984000.00
AWI30	9.33126	ASD	-5887.75	804670.92	-563.35	1476000.00
AWI31	9.33126	LRFD	-6442.79	535376.53	777.01	984000.00
AWI31	9.33126	ASD	-5906.51	804670.92	563.43	1476000.00
AWI32	9.33247	LRFD	-2543.24	535376.53	148.57	984000.00
AWI32	9.33247	ASD	-2512.55	804670.92	106.38	1476000.00
AWI33	9.33341	LRFD	-2835.93	535376.53	72.04	984000.00
AWI33	9.33341	ASD	-2722.97	804670.92	52.27	1476000.00
AWI34	9.33461	LRFD	17934.27	535376.53	51.9	984000.00
AWI34	9.33461	ASD	16089.63	804670.92	36.92	1476000.00
AWI35	9.33783	LRFD	-3641.9	535376.53	30.81	984000.00
AWI35	9.33783	ASD	-3317.73	804670.92	17.36	1476000.00
AWI36	9.34211	LRFD	-3401.76	535376.53	10.6	984000.00
AWI36	9.34211	ASD	-3150.17	804670.92	-1.28	1476000.00
AWI37	9.34465	LRFD	17462.46	535376.53	5.57	984000.00
AWI37	9.34465	ASD	15701.81	804670.92	-5.22	1476000.00
AWI38	9.34746	LRFD	-4463.7	535376.53	-8.52	984000.00
AWI38	9.34746	ASD	-3964.98	804670.92	-16.93	1476000.00
AWI39	9.35748	LRFD	16438.37	535376.53	-33.58	984000.00
AWI39	9.35748	ASD	14895.66	804670.92	-41.16	1476000.00
AWI4	9.56465	LRFD	-18328.56	535376.53	439.22	984000.00
AWI4	9.56465	ASD	-15982.97	804670.92	390.98	1476000.00
AWI40	9.35748	LRFD	-5048.59	535376.53	-33.8	984000.00

	Panjang Bentang		Momen Ultimate	Kekuatan Lentur Nominal	Geser Ultimate	Kekuatan Geser Nominal
Frame	Lb		M3	Mn'	V2	Vn'
	m		Nm	Nm	N	N
AWI40	9.35748	ASD	-4451.64	804670.92	-38.37	1476000.00
AWI41	9.3699	LRFD	15980.57	535376.53	-69.45	984000.00
AWI41	9.3699	ASD	14493.76	804670.92	-72.54	1476000.00
AWI42	9.37457	LRFD	-4885.69	535376.53	-78.16	984000.00
AWI42	9.37457	ASD	-4417.28	804670.92	-79.23	1476000.00
AWI43	9.3795	LRFD	16147.19	804670.92	-92.16	1476000.00
AWI43	9.3795	ASD	14540.75	535376.53	-90.67	984000.00
AWI44	9.39015	LRFD	-6042.4	804670.92	-113.86	1476000.00
AWI44	9.39015	ASD	-5374.08	535376.53	-110.31	984000.00
AWI45	9.40186	LRFD	14888.46	804670.92	-133.72	1476000.00
AWI45	9.40186	ASD	13481.64	535376.53	-128.68	984000.00
AWI46	9.40811	LRFD	-6636.52	804670.92	-146	1476000.00
AWI46	9.40811	ASD	-5947.82	535376.53	-138.7	984000.00
AWI47	9.41462	LRFD	14501.1	804670.92	-166.6	1476000.00
AWI47	9.41462	ASD	13076.46	535376.53	-155.29	984000.00
AWI48	9.4357	LRFD	-7430.5	804670.92	-184.49	1476000.00
AWI48	9.4357	ASD	-6677.08	535376.53	-174.15	984000.00
AWI49	9.4357	LRFD	-8989.09	804670.92	-199.83	1476000.00
AWI49	9.4357	ASD	-7936.62	535376.53	-183.95	984000.00
AWI5	9.53284	LRFD	-16906.84	804670.92	399.62	1476000.00
AWI5	9.53284	ASD	-14749.98	535376.53	355.38	984000.00
AWI50	9.45912	LRFD	12148.4	804670.92	-226.26	1476000.00
AWI50	9.45912	ASD	11069.75	535376.53	-210	984000.00
AWI51	9.46744	LRFD	-9821.82	804670.92	-243.21	1476000.00
AWI51	9.46744	ASD	-8749.77	535376.53	-224.05	984000.00
AWI52	9.47602	LRFD	-11058.11	804670.92	-265.69	1476000.00
AWI52	9.47602	ASD	-9793.06	535376.53	-242.52	984000.00
AWI53	9.49395	LRFD	-12063.99	804670.92	-290.54	1476000.00
AWI53	9.49395	ASD	-10663.59	535376.53	-264.55	984000.00
AWI54	9.51289	LRFD	-12913.48	804670.92	-315.69	1476000.00
AWI54	9.51289	ASD	-11436.01	535376.53	-287.33	984000.00
AWI55	9.52274	LRFD	-14294.58	804670.92	-343.42	1476000.00
AWI55	9.52274	ASD	-12633.02	535376.53	-310.53	984000.00
AWI56	9.53284	LRFD	-16282.76	804670.92	-380.06	1476000.00
AWI56	9.53284	ASD	-14286.87	535376.53	-340.24	984000.00
AWI57	9.56465	LRFD	-17429.69	804670.92	-413.35	1476000.00

	Panjang Bentang		Momen Ultimate	Kekuatan Lentur Nominal	Geser Ultimate	Kekuatan Geser Nominal
Frame	Lb		M3	Mn'	V2	Vn'
	m		Nm	Nm	N	N
AWI57	9.56465	ASD	-15306.78	535376.53	-370.86	984000.00
AWI58	9.56465	LRFD	-19652.24	804670.92	-442.97	1476000.00
AWI58	9.56465	ASD	-17170.6	535376.53	-394.99	984000.00
AWI59	9.5987	LRFD	4173.18	804670.92	-441.02	1476000.00
AWI59	9.5987	ASD	4082.66	535376.53	-398.93	984000.00
AWI6	9.52274	LRFD	-14713.6	804670.92	356.94	1476000.00
AWI6	9.52274	ASD	-12938.99	535376.53	320.91	984000.00
AWI60	9.61054	LRFD	-24861.51	804670.92	-619.12	1476000.00
AWI60	9.61054	ASD	-21474.97	535376.53	-525.13	984000.00
AWI7	9.51289	LRFD	-13181.11	804670.92	325.28	1476000.00
AWI7	9.51289	ASD	-11626.68	535376.53	294.64	984000.00
AWI8	9.49395	LRFD	-12225.76	804670.92	297.23	1476000.00
AWI8	9.49395	ASD	-10774.42	535376.53	269.59	984000.00
AWI9	9.47602	LRFD	-11145.01	804670.92	270.23	1476000.00
AWI9	9.47602	ASD	-9847.92	535376.53	245.89	984000.00

7.9.9 Sambungan Ikatan Angin Rangka Busur Silang AWI31

a. Data Perencanaan

Profil Ikatan Angin Rangka Busur Silang

$$= W 300 300 21 20$$

$$D \text{ baut (M20)} \quad db = 22$$

$$D \text{ lubang} = 24$$

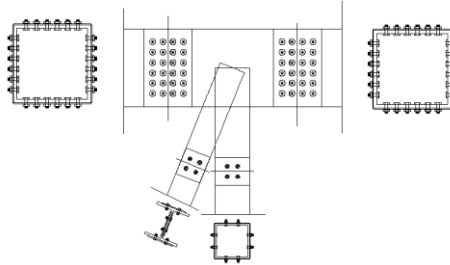
$$\text{Gaya tarik minimum (Tb)} = 179000 \text{ N}$$

$$\text{Bidang Geser} \quad ns = 1$$

$$\text{Koefisien gesek} \quad \mu = 0.5 \text{ (permukaan B)}$$

$$hf = 1$$

$$Du = 1.13 \text{ (AISC-2016 J3-8)}$$



Gambar 7. 23: Detail Sambungan Ikatan Angin Rangka Busur Silang

- b. Kuat Rencana Baut Tipe Gesek

$$\begin{aligned}
 Rn &= \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s \\
 &= 0.5 \times 1.13 \times 1 \times 179000 \times 1 \\
 &= 101135 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- c. Jumlah Baut

LRFD ($\phi = 1$)	ASD ($\Omega = 1.5$)
$R_u = 284271.93 \text{ Nm}$	$R_u = 202371.17 \text{ Nm}$
Jumlah Baut :	Jumlah Baut :
$n = \frac{R_u}{\phi \cdot Rn}$	$n = \frac{R_u}{\left(\frac{Rn}{\Omega}\right)}$
$= \frac{284271.93}{101136.13}$	$= \frac{202371.17}{67424.46}$
$= 2.57 = 3 \text{ buah}$	$= 3.00 = 4 \text{ buah}$

Jadi Digunakan Baut M20 dengan minimal sejumlah 4 buah

- d. Jarak Pemasangan Baut

Jarak Tepi $S_1 = 100$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat} &= 1.5 \cdot d_b < S_1 < (4 \cdot t_p + 100\text{mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 35 &< 100 < 140 \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jarak Antar baut $S = 120$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat} &= \left(2 + \frac{2}{3}\right) \cdot d_b < S_1 < 15 \cdot t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 66 &< 120 < 150 \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

- e. Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Rangka Busur Silang

Tabel 7. 25:Rekapitulasi Jumlah Baut Ikatan Angin Rangka Busur
Silang

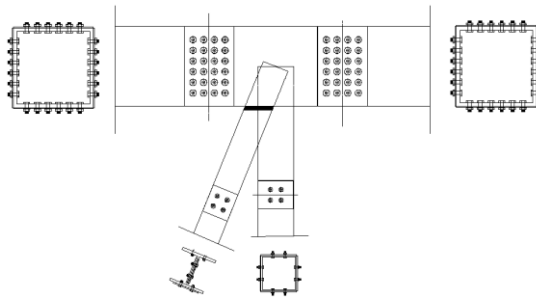
Frame	Ru	Kekuatan Baut Nominal	Jumlah Baut Yang Dibutuhkan
		Rn'	n
	N	N	buah
AWI1	-20049.52	101135.00	1.00
AWI1	-21109.2	67423.33	1.00
AWI10	-23476.51	101135.00	1.00
AWI10	-19401.61	67423.33	1.00
AWI11	-23085.95	101135.00	1.00
AWI11	-18907.37	67423.33	1.00
AWI12	-23631.81	101135.00	1.00
AWI12	-19282.75	67423.33	1.00
AWI13	-24948.54	101135.00	1.00
AWI13	-20327.38	67423.33	1.00
AWI14	-23188.98	101135.00	1.00
AWI14	-18610.45	67423.33	1.00
AWI15	-24275.75	101135.00	1.00
AWI15	-19459.51	67423.33	1.00
AWI16	-23867.14	101135.00	1.00
AWI16	-18973.58	67423.33	1.00
AWI17	-25088.15	101135.00	1.00
AWI17	-19976.19	67423.33	1.00
AWI18	-23393.29	101135.00	1.00
AWI18	-18318.18	67423.33	1.00
AWI19	-24246.29	101135.00	1.00
AWI19	-18984.21	67423.33	1.00
AWI2	-29648.82	101135.00	1.00
AWI2	-23381.17	67423.33	1.00
AWI20	-24389.73	101135.00	1.00
AWI20	-19022.03	67423.33	1.00
AWI21	-23632.95	101135.00	1.00
AWI21	-18236.42	67423.33	1.00
AWI22	-23855.4	101135.00	1.00
AWI22	-18351.67	67423.33	1.00
AWI23	-23583.34	101135.00	1.00
AWI23	-18022.79	67423.33	1.00
AWI24	-22347.82	101135.00	1.00
AWI24	-16805.77	67423.33	1.00

Frame	Kekuatan Baut Nominal		Jumlah Baut Yang Dibutuhkan
	Ru	Rn'	n
	N	N	buah
AWI25	-23346.57	101135.00	1.00
AWI25	-17627.8	67423.33	1.00
AWI26	-23161.48	101135.00	1.00
AWI26	-17369.27	67423.33	1.00
AWI27	-21488.34	101135.00	1.00
AWI27	-15798.23	67423.33	1.00
AWI28	-20280.4	101135.00	1.00
AWI28	-14822.17	67423.33	1.00
AWI29	-20413.72	101135.00	1.00
AWI29	-15016.78	67423.33	1.00
AWI3	-18439.05	101135.00	1.00
AWI3	-15680.16	67423.33	1.00
AWI30	-283815.21	101135.00	3.00
AWI30	-202177.51	67423.33	3.00
AWI31	-284271.93	101135.00	3.00
AWI31	-202371.17	67423.33	4.00
AWI32	-20801.8	101135.00	1.00
AWI32	-15180.76	67423.33	1.00
AWI33	-20690.95	101135.00	1.00
AWI33	-14996.9	67423.33	1.00
AWI34	-21903.35	101135.00	1.00
AWI34	-15975.29	67423.33	1.00
AWI35	-23578.91	101135.00	1.00
AWI35	-17547.28	67423.33	1.00
AWI36	-23768.77	101135.00	1.00
AWI36	-17808.55	67423.33	1.00
AWI37	-22770.19	101135.00	1.00
AWI37	-16987.09	67423.33	1.00
AWI38	-23989.6	101135.00	1.00
AWI38	-18193.37	67423.33	1.00
AWI39	-24237.12	101135.00	1.00
AWI39	-18502.57	67423.33	1.00
AWI4	-20547.85	101135.00	1.00
AWI4	-17509.44	67423.33	1.00
AWI40	-24006.41	101135.00	1.00
AWI40	-18385.07	67423.33	1.00

Frame	Kekuatan Baut		Jumlah Baut Yang
	Nominal		Dibutuhkan
	Ru	Rn'	n
	N	N	buah
AWI41	-24760.31	101135.00	1.00
AWI41	-19164.83	67423.33	1.00
AWI42	-24631.76	101135.00	1.00
AWI42	-19139.28	67423.33	1.00
AWI43	-23786.51	101135.00	1.00
AWI43	-18479.89	67423.33	1.00
AWI44	-25478.03	101135.00	1.00
AWI44	-20133.68	67423.33	1.00
AWI45	-24254.55	101135.00	1.00
AWI45	-19127.55	67423.33	1.00
AWI46	-24676.91	101135.00	1.00
AWI46	-19625.34	67423.33	1.00
AWI47	-23604.84	101135.00	1.00
AWI47	-18789.25	67423.33	1.00
AWI48	-25291.77	101135.00	1.00
AWI48	-20443.74	67423.33	1.00
AWI49	-24079.13	101135.00	1.00
AWI49	-19486.25	67423.33	1.00
AWI5	-20383.15	101135.00	1.00
AWI5	-17323.83	67423.33	1.00
AWI50	-23396.63	101135.00	1.00
AWI50	-18997.8	67423.33	1.00
AWI51	-23833.4	101135.00	1.00
AWI51	-19531.28	67423.33	1.00
AWI52	-23391.84	101135.00	1.00
AWI52	-19287.23	67423.33	1.00
AWI53	-23351.77	101135.00	1.00
AWI53	-19419.63	67423.33	1.00
AWI54	-22818.78	101135.00	1.00
AWI54	-19096.12	67423.33	1.00
AWI55	-21855	101135.00	1.00
AWI55	-18387.22	67423.33	1.00
AWI56	-21212.95	101135.00	1.00
AWI56	-18002.29	67423.33	1.00
AWI57	-20919.79	101135.00	1.00
AWI57	-17932.15	67423.33	1.00

Frame	Kekuatan Baut Nominal		Jumlah Baut Yang Dibutuhkan
	Ru N	Rn' N	n buah
AWI58	-19508.1	101135.00	1.00
AWI58	-16846.99	67423.33	1.00
AWI59	-17616.2	101135.00	1.00
AWI59	-15178.06	67423.33	1.00
AWI6	-21474.47	101135.00	1.00
AWI6	-18150.46	67423.33	1.00
AWI60	-22671.35	101135.00	1.00
AWI60	-19261.64	67423.33	1.00
AWI7	-22605.63	101135.00	1.00
AWI7	-19042.62	67423.33	1.00
AWI8	-23035.36	101135.00	1.00
AWI8	-19307.71	67423.33	1.00
AWI9	-22991.22	101135.00	1.00
AWI9	-19117.93	67423.33	1.00

f. Pehitungan Sambungan Las Busur Rangka Vertikal



Gambar 7. 24: Detail Sambungan Ikatan Angin Rangka Busur Silang

LRFD ($\phi = 0.75$)	ASD ($\Omega = 2$)
$R_u = 284271.93 \text{ Nm}$	$R_u = 202371.17 \text{ Nm}$
$a = 8 \text{ mm}$	$a = 8 \text{ mm}$
$L_{w1} = 900 \text{ mm}$	$L_{w1} = 900 \text{ mm}$
$R_{nw} = \phi \times t_e \times 0.6 \times f_{uw}$	$R_{nw} = \phi \times t_e \times 0.6 \times f_{uw}$

$$\begin{aligned}
 &= 0.75 \times 8 \times 0.707 \times 0.6 \times 490 \\
 &= 1247 \text{ N} \\
 \text{Lw}_2 &= \frac{R_u}{R_{nw}} < \text{Lw}_1 \\
 &= \frac{284271.93}{1247} < 900 \\
 &= 227.9 < 900 \\
 &\quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} \times 8 \times 0.707 \times 0.6 \times 490 \\
 &= 831 \text{ N} \\
 \text{Lw}_2 &= \frac{R_u}{R_{nw}} < \text{Lw}_1 \\
 &= \frac{202371.17}{831} < 900 \\
 &= 243.4 < 900 \\
 &\quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Syarat : (t = 20)

$$8 \text{ mm} < 8 \text{ mm} < (21 - 1.6)$$

$$8 \text{ mm} < 8 \text{ mm} < 19.4$$

(Memenuhi)

7.10 Perencanaan Batang Penggantung

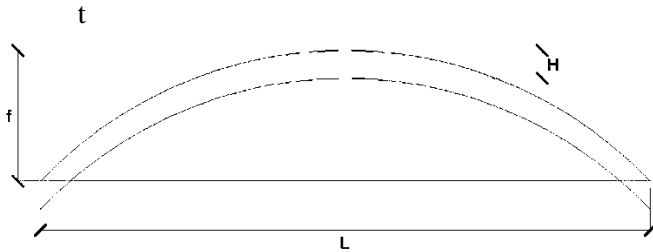
Data-data yang digunakan dalam perencanaan batang penggantung jembatan Tol Porong gempol ini adalah sebagai berikut:

7.8.1 Data Perencanaan

Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m
Jarak Antara Gelagar Memanjang	: 1.8 m
Jarak Antara Gelagar Melintang	: 3.5 m
Mutu Profil Baja	BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C

7.8.2 Perencanaan Dimensi Busur

Pada perencanaan jembatan Tol Porong gempol yang merupakan jembatan busur struktur utamanya terdiri dari Konstruksi busur dan batang penggantungnya. Dalam menentukan dimensi busur harus diperhatikan hal berikut:



Gambar 7. 25: Ilustrasi panjang bentang jembatan dan tinggi busur

Tinggi Lengkung Busur (f)

$$\frac{1}{6}L \leq f \leq \frac{1}{5}L$$

$$35 \text{ m} \leq f < 42 \text{ m}$$

$$\text{diambil, } f = 40.5 \text{ m}$$

Tinggi Tampang Busur (h)

$$\frac{1}{40}L \leq h \leq \frac{1}{25}L$$

$$5.25 \text{ m} \leq h < 8.4 \text{ m}$$

$$\text{diambil, } h = 5,5 \text{ m}$$

Perencanaan Batang Penggantung (Hanger)

Panjang batang penggantung dapat dicari menggunakan rumus parabola berikut:

$$Y_n = \frac{4 \cdot f \cdot X \cdot (L - X)}{L^2}$$

f = tinggi lengkung busur (m)

L = Panjang bentang (m)

X = Jarak gelagar melintang atau Jarak penggantung (m)

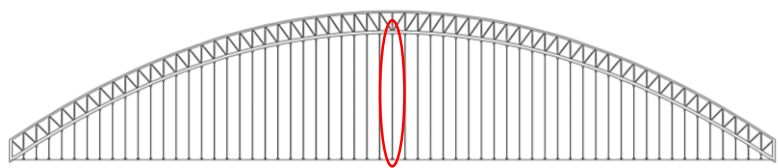
$$X = 3,5 \text{ m}$$

$n = 61$

Tabel 7. 26: Panjang Batang Penggantung

n	x (m)	Panjang Batang Penggantung	Busur Atas	n	x (m)	Panjang Batang Penggantung	Busur Atas
		Y _n	Y _{n'}			Y _n	Y _{n'}
1	0	0.00	5.50	17	56	27.40	32.90
2	3.5	2.30	7.80	18	59.5	28.45	33.95
3	7	4.55	10.05	19	63	29.40	34.90
4	10.5	6.65	12.15	20	66.5	30.30	35.80
5	14	8.75	14.25	21	70	31.15	36.65
6	17.5	10.70	16.20	22	73.5	31.85	37.35
7	21	12.60	18.10	23	77	32.55	38.05
8	24.5	14.45	19.95	24	80.5	33.10	38.60
9	28	16.20	21.70	25	84	33.60	39.10
10	31.5	17.85	23.35	26	87.5	34.05	39.55
11	35	19.45	24.95	27	91	34.40	39.90
12	38.5	21.00	26.50	28	94.5	34.65	40.15
13	42	22.40	27.90	29	98	34.85	40.35
14	45.5	23.80	29.30	30	101.5	35.00	40.50
15	49	25.05	30.55	31	105	35.00	40.50
16	52.5	26.25	31.75				

7.8.3 Perhitungan Kekuatan Penggantung



Gambar 7. 26: Letak Batang Penggantung CB**Tabel 7. 27:** Hasil Output SAP Untuk Batang Penggantung CB

Frame	Station	OutputCase	P
Text	m	Text	N
AT-1	35	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	974121.81

a. Hasil Analisa Gaya Dalam

$$P_u = 974.12 \text{ kN}$$

b. Data kabel penggantung

Profil kabel Penggantung MACALLOY 520

Table 3 - Tendon Capacities for Carbon and Stainless Macalloy 520																	
Thread	Units	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100	M105
Nominal Bar Dia.	mm	10	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	87	97	102
Min. Yield Load	kN	28	41	77	122	176	284	411	566	746	1030	1360	1985	2531	2862	3585	3979
Min. Break Load	kN	35	52	98	155	223	360	522	719	946	1308	1727	2520	3212	3633	4551	5279
Design Resistance to EC3 $N_{k,s}$	kN	26	38	71	112	161	257	376	518	682	942	1244	1814	2313	2616	3277	3801
Nominal Bar Weight	(kg/m)	0.5	0.75	1.4	2.2	3	4.8	7.1	9.4	12.5	16.7	22.2	32	41.5	46.7	58	64.1

Gambar 7. 27: Spesifikasi Kabel Macalloy M105

Panjang kabel penggantung, $L = 35 \text{ m}$

Diameter Kabel $D = 102 \text{ mm}$

Berat Kabel $w = 64.1 \text{ kg/m}$

$$A = 8171.28 \text{ mm}^2$$

Tegangan $P_{u.allow} = 3979 \text{ kN}$

c. Kontrol Kekuatan Kabel

$$P_u < \emptyset \cdot P_{u.allow}$$

$$974.12 < 0.65 \times 3979$$

$$974.12 < 2586.35 \text{ (Memenuhi)}$$

7.8.4 Rekapitulasi Analisa Perencanaan Batang Penggantung

Tabel 7. 28: Rekapitulasi Hasil Analisa Perencanaan Batang Penggantung

Frame	Station	OutputCase	P	Kontrol σ		
Text	Yn	Text		σ terjadi	σ ijin	
			N	kN	kN	
CB1	2.3	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	402675.21	402.67521	2586.35	OK

Frame	Station	OutputCase	P	Kontrol σ		
Text	Yn	Text		σ terjadi	σ ijin	
			N	kN	kN	
CB1	2.3	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	262347.28	262.34728	2586.35	OK
CB3	4.55	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	740402.93	740.40293	2586.35	OK
CB3	4.55	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	498147.80	498.1478	2586.35	OK
CB5	6.65	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	725122.81	725.12281	2586.35	OK
CB5	6.65	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	486623.50	486.6235	2586.35	OK
CB7	8.75	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	780896.59	780.89659	2586.35	OK
CB7	8.75	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	526257.63	526.25763	2586.35	OK
CB9	10.7	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	753348.39	753.34839	2586.35	OK
CB9	10.7	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	506893.96	506.89396	2586.35	OK
CB11	12.6	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	748896.96	748.89696	2586.35	OK
CB11	12.6	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	503697.49	503.69749	2586.35	OK
CB13	14.45	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	767520.31	767.52031	2586.35	OK
CB13	14.45	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	516831.70	516.8317	2586.35	OK
CB15	16.2	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	766450.13	766.45013	2586.35	OK
CB15	16.2	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	515988.96	515.98896	2586.35	OK
CB17	17.85	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	749995.69	749.99569	2586.35	OK
CB17	17.85	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	504233.77	504.23377	2586.35	OK
CB19	19.45	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	752977.41	752.97741	2586.35	OK
CB19	19.45	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	506262.47	506.26247	2586.35	OK
CB21	21	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	767857.72	767.85772	2586.35	OK
CB21	21	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	516703.35	516.70335	2586.35	OK
CB23	22.4	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	754083.39	754.08339	2586.35	OK
CB23	22.4	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	506912.96	506.91296	2586.35	OK
CB25	23.8	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	765847.21	765.84721	2586.35	OK
CB25	23.8	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	515097.87	515.09787	2586.35	OK
CB27	25.05	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	754238.48	754.23848	2586.35	OK
CB27	25.05	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	506816.34	506.81634	2586.35	OK
CB29	26.25	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	750361.31	750.36131	2586.35	OK
CB29	26.25	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	503966.56	503.96656	2586.35	OK
CB31	27.4	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	760764.78	760.76478	2586.35	OK
CB31	27.4	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	511137.92	511.13792	2586.35	OK
CB33	28.45	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	762428.79	762.42879	2586.35	OK
CB33	28.45	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	512183.15	512.18315	2586.35	OK
CB35	29.4	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	753349.92	753.34992	2586.35	OK
CB35	29.4	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	505805.65	505.80565	2586.35	OK
CB37	30.3	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	754922.65	754.92265	2586.35	OK
CB37	30.3	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	507129.24	507.12924	2586.35	OK

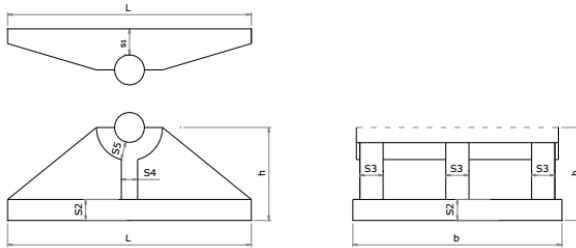
Frame	Station	OutputCase	P	Kontrol σ		
Text	Yn	Text		σ terjadi	σ ijin	
			N	kN	kN	
CB39	31.15	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	763922.02	763.92202	2586.35	OK
CB39	31.15	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	513946.60	513.9466	2586.35	OK
CB41	31.85	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	753175.35	753.17535	2586.35	OK
CB41	31.85	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	505951.39	505.95139	2586.35	OK
CB43	32.55	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	757132.68	757.13268	2586.35	OK
CB43	32.55	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	508566.96	508.56696	2586.35	OK
CB45	33.1	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	754508.28	754.50828	2586.35	OK
CB45	33.1	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	506463.94	506.46394	2586.35	OK
CB47	33.6	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	752836.42	752.83642	2586.35	OK
CB47	33.6	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	505228.14	505.22814	2586.35	OK
CB49	34.05	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	759862.64	759.86264	2586.35	OK
CB49	34.05	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	510367.29	510.36729	2586.35	OK
CB51	34.4	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	779985.10	779.9851	2586.35	OK
CB51	34.4	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	512300.76	512.30076	2586.35	OK
CB53	34.65	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	814894.00	814.894	2586.35	OK
CB53	34.65	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	508361.39	508.36139	2586.35	OK
CB55	34.85	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	876485.69	876.48569	2586.35	OK
CB55	34.85	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	506017.90	506.0179	2586.35	OK
CB57	35	(Kuat 1) DL-LL TD31 (LRFD)	947228.16	947.22816	2586.35	OK
CB57	35	(Kuat 1) DL-LL TD31 (ASD)	502968.37	502.96837	2586.35	OK

7.11 Perencanaan Perletakan Jembatan

Pada perencanaan jembatan tol Porong-Gempol ini akan menggunakan perletakan sendi. Spesifikasi teknis dari perletakan sendiri menggunakan literature dari buku Djembatan, Ir. H.J. Struyk. Pada perencanaan perletakan ukuran kursi penumpang dapat ditentukan melalui tabel Multer-Breslau dari buku Djembatan, Ir. H.J. Struyk dengan detail sebagai berikut :

Tabel 7. 29 Dimensi pot bearing tipe *Fixed*

$\frac{h}{S_2}$	$\frac{b}{aS_3}$	W
3	4	$0,2222 ah^2S_3$
4	4,2	$0,2251 ah^2S_3$
5	4,6	$0,2236 ah^2S_3$
6	5	$0,2315 ah^2S_3$



Gambar 7. 28 Detail perletakan

Dari hasil analisa SAP2000 dengan kombinasi pembebanan kuat 1 diperoleh reaksi dan pergerakan pada perletakan, sebagai berikut:

Tabel 7. 30 Hasil Analisa perletakan SAP2000

V	Hx	Hy
Kg	kg.cm	kg.cm
2123000	-2898100	-

$$R = \sqrt{2123000^2 + 2898100^2} = 3592507.844 \text{ kg}$$

a. Perencanaan Luas Alas Kursi / Bantalan

Rencana Dimensi alas kursi / bantalan

$$F = \frac{R}{f_c} = \frac{3592507.844}{350} = 10264 \text{ cm}^2$$

Direncanakan :

$$B \times L = 110 \times 100 \text{ cm}$$

$$A = 11000 > F \text{ (Memenuhi)}$$

b. Data perencanaan :

$$\alpha_d = 35 \text{ MPa (mutu beton abutment)}$$

$$\alpha_b = 410 \text{ Mpa (mutu perletakan baja)}$$

$$M_{maks} = \frac{R}{2} \cdot \frac{L}{4} = \frac{3592507.844}{2} \cdot \frac{100}{4}$$

$$= 49396982.86 \text{ Kg.cm}$$

$$W = \frac{M_{maks}}{f y_{baja}} = 12048.0446 \text{ cm}^3$$

Dari tabel diambil nilai :

$$a = 3 \text{ buah maka : } \frac{h}{S_2} = 3, \frac{b}{a.S_3} = 4, W = 0,2222 \cdot a \cdot h^2 \cdot S_3$$

Maka perencanaan ukuran perletakan sebagai berikut :

$$S_1 = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot R \cdot l}{b \cdot f y}} = \frac{1}{2} \times \sqrt{\frac{3 \times 2123000 \times 100}{110 \times 4100}} = 24.44 = 25 \text{ cm}$$

$$S_3 = \frac{b}{a \times 4.2} = \frac{110}{3 \times 4.2} = 9.167 = 10 \text{ cm}$$

$$h = \sqrt{\frac{W}{0,2222 \cdot a \cdot S_3}} = \sqrt{\frac{12048.0446}{0,2222 \times 3 \times 10}} = 44.404 = 45 \text{ cm}$$

$$S_2 = \frac{h}{5} = \frac{44.404}{5} = 8.881 = 9 \text{ cm}$$

$$S_4 = \frac{h}{6} = \frac{44.404}{6} = 7.401 = 8 \text{ cm.}$$

$$S_5 = \frac{h}{4} = \frac{44.404}{4} = 11.101 = 12 \text{ cm}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan :

S1 = tinggi pelat penumpu atas perletakan = 25 cm

S2 = tinggi pelat penumpu bawah perletakan = 9 cm

S3 = tebal pelat penyokong vertikal = 10 cm

S4 = tebal pelat vertikal penumpu sendi melintang = 8 cm

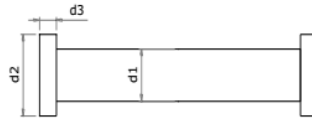
S5 = tebal pelat lengkung penumpu sendi = 12 cm

H = tinggi dari dasar perletakan sampai as engsel = 45 cm

c. Perhitungan Diameter Engsel

$$r = 0,8 \times \frac{R}{\sigma_{baja} \times L} = 0,8 \times \frac{3592507.844}{4100 \times 100} = 7.01 = 16 \text{ cm}$$

Maka perencanaan ukuran engsel sebagai berikut



Gambar 7. 29 Detail Engsel perletakan

$$d1 = 2 \times r = 2 \times 16 = 32 \text{ cm}$$

$$d2 = d1 + (2 \times 2,5) = 32 + (2 \times 2,5) = 37 \text{ cm}$$

$$d3 = \frac{d2}{4} = \frac{37}{4} = 5 \text{ cm}$$

Kontrol kekuatan engsel

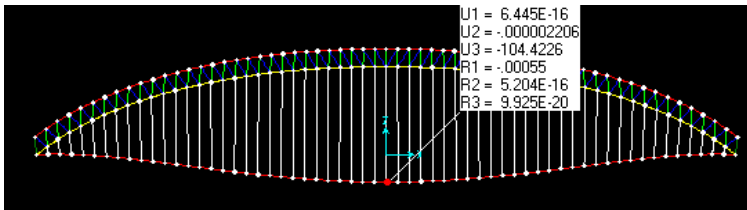
$$(a \times S3) \times d1 \times fy > R$$

$$(3 \times 10) \times 32 \times 4100 > 3592507.844$$

$$3936000 > 3592507.844 \text{ (Memenuhi)}$$

7.12 Kontrol Lendutan Jembatan

Kontrol lendutan yang dilakukan menggunakan program bantu SAP2000, hasil analisa yang dilakukan didapatkan sebagai berikut:



Gambar 7. 30 lendutan Pada Jembatan Berdasar Analisa SAP2000

Lendutan yang terjadi = 104.4226 mm

Batas Lendutan Ijin (RSNI T-03-2005 pasal 4.7.2)

$$\begin{aligned} \Delta_{Ijin} &= \frac{1}{800} \cdot Lb \\ &= \frac{1}{800} \cdot 210000 \\ &= 262.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\Delta_{terjadi} < \Delta_{Ijin}$$

$$104.4226 \text{ mm} < 262.5 \text{ mm} \text{ (Memenuhi)}$$

BAB 8

PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN BAWAH JEMBATAN

8.1 Data Perencanaan

Data-data yang digunakan dalam perencanaan komponen struktur bawah jembatan Tol Porong gempol ini adalah sebagai berikut:

Data Umum Jembatan

Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m
Mutu Beton (f_c')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (f_y)	: 410 MPa
Mutu Tulangan Geser (f_{ys})	: 410 MPa
Modulus Elastisitas Beton (E_c)	: 27805.57 MPa
Pondasi	: Tiang Pancang

8.2 Pembebanan Bangunan Bawah

Gaya gaya yang didapat kan merupakan hasil dari analisa pembebanan bangunan atas menggunakan program bantu SAP2000.

8.2.1 Beban Permanen (MA/MS)

Beban permanen di sini merupakan beban mati yang berasal dari berat rangka, pelat lantai dan beban mati tambahan lainnya

Tabel 8. 1 Hasil Output SAP Untuk Beban Permanen

Beban	Bagian	Gaya		
		Hx	Hy	V
		kN	kN	kN
MS/M	Beban	21551.8	130.66	20635.5
A	Permanen/Mati			

8.2.2 Beban Lajur “D” (TD)

Beban permanen di sini merupakan BGT 31 + BTR

Tabel 8. 2 Hasil Output SAP Untuk Beban Lajur

Beban	Bagian	Gaya		
		Hx	Hy	V
		kN	kN	kN
TD	Beban Lajur “D”	5937.123	52	5335.67

8.2.3 Beban Angin (PD)

Beban Angin adalah beban Angin Lantai kendaraan (Ewl) +
Beban Angin Struktur (Ews)

Tabel 8. 3 Hasil Output SAP Untuk Beban Angin

Beban	Bagian	Gaya		
		Hx	Hy	V
		kN	kN	kN
PD	Ewl+Ews	48	181	178.622

8.2.4 Gaya Rem (TB) (SNI 1725:2016 pasal 8.7)

Besarnya gaya rem arah memanjang jembatan harus diambil yang terbesar dari 25% dari berat gandar truk desain atau, 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR

Berat Gandar = 225 kN

Tu Truk = 500 kN

TB1 = 25%.Berat Gandar

= 56.25 kN

TB2 = 5%.(BTR+Tu Truk)

= 524.885 kN

TB terbesar = 524.885 kN

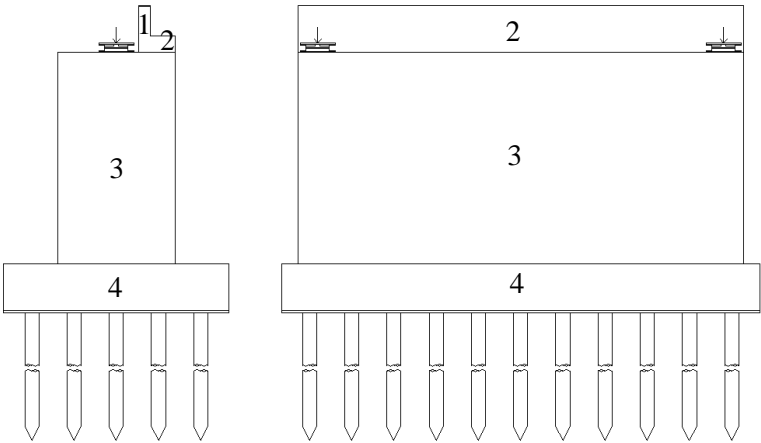
8.2.5 Gaya Gesek (Gs)

Gs = 0,15.(DL+LL)

= 0.15 x (20635.503+5335.674)

= 3895.68 kN

8.2.6 Beban Mati Pilar



Gambar 8. 1 Rencana Desain Abutment

Dalam perhitungan berat total pilar, pilar dibagi dalam beberapa segmen untuk mempermudah perhitunganya. Untuk hasil perhitungan dari berat pilar berikut:

Tabel 8. 4 Rekapitulasi Pembebanan Bangunan Bawah 1

Segmen	b (m)	h (m)	A (m ²)	t (m)	V (m ³)	BJ (N/m ³)	W (N)
1	0.5	1.300	0.65	19.000	12.35	22770	281210
2	1.55	1.700	2.64	19.000	50.07	22770	1139980
3	5	8	40.00	19.000	760.00	22770	17305200
4	11.4	2	22.80	20.400	465.12	22770	10590782
Total			66.09				29317172

Setelah mendapatkan berat total abutmen, selanjutnya adalah mencari titik berat pada pilar jembatan dari titik O

Tabel 8. 5 Rekapitulasi Pembebanan Bangunan Bawah 2

Segmen	A (m ²)	Jarak Terhadap O		X x A	Z x A
		X (m)	Z (m)		
1	0.65	6.9	12.35	4.49	8.03
2	2.64	7.425	10.85	19.56	28.59
3	40.00	5.7	6	228.00	240.00

4	22.80	5.7	1	129.96	22.80
Total	66.09			382.01	299.42

Didapatkan titik berat pilar

$$Xa = \frac{\sum X.A}{\sum A} = \frac{382.01}{66.09} = 5.78 \text{ dari bawah}$$

$$Za = \frac{\sum Z.A}{\sum A} = \frac{299.42}{66.09} = 4.53 \text{ dari kiri}$$

8.2.7 Beban Gempa (EQ)

Beban Gempa Struktur Atas

Tabel 8. 6 Hasil Output SAP Untuk Beban Gempa Struktur Atas

Beban	Bagian	Gaya		
		Hx	Hy	V
		kN	kN	kN
EQ	Beban Gempa Bangunan Atas	1003	498	654

Beban Gempa Struktur Bawah

Perencanaan gempa untuk jembatan ini menggunakan Spektrum Respons Gempa (RSNI 03-2833-2016)

$$N = \frac{\sum d_i}{\sum \bar{N}_i}$$

$$N = 5.992 \text{ (Tanah Lunak) (RSNI 03-2833-2016 Tabel 2)}$$

Nilai PGA, S_s dan S₁

$$PGA = 0.3 \text{ (RSNI 03-2833-2016 gambar 1)}$$

$$S_s = 0.6 \text{ (RSNI 03-2833-2016 gambar 2)}$$

$$S_1 = 0.3 \text{ (RSNI 03-2833-2016 gambar 3)}$$

$$F_{pga} \text{ or } F_a = 1.2 \text{ (RSNI 03-2833-2016 Tabel 3)}$$

$$F_v = 2.8 \text{ (RSNI 03-2833-2016 Tabel 4)}$$

Respons Spektrum Rencana

$$A_s = F_{PGA} \cdot PGA$$

$$= 1.2 \times 0.3$$

$$= 0.36$$

$$\begin{aligned} S_{DS} &= F_a \cdot S_s \\ &= 1.2 \times 0.6 \\ &= 0.72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= F_a \cdot S_1 \\ &= 1.2 \times 0.3 \\ &= 0.84 \text{ (Zona Gempa 4) (RSNI 03-2833-2016 Tabel 5)} \end{aligned}$$

Koefisien Respons Gempa Elastik

$$\begin{aligned} T_0 &= 0.2 \cdot T_s \\ &= 0.233 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= 1.167 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{sm} &= \frac{S_{D1}}{T_s} \\ &= 0.72 \end{aligned}$$

$$R = 1.5 \text{ (RSNI 03-2833-2016 Tabel 6)}$$

$$\begin{aligned} W_t &= W_{DL} + W_{LL} \\ &= 21021.028 + 6183.876 \\ &= 27204.904 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_Q &= \frac{C_{sm} \cdot W_t}{R} \\ &= \frac{0.72 \times 27204.904}{1.5} \\ &= 13058.35 \text{ kN} \end{aligned}$$

Beban gempa bangunan bawah menurut perhitungan diatas adalah berikut :

Tabel 8. 7 Hasil Untuk Beban Gempa Bangunan Bawah

Beban	Bagian	Gaya		
		Hx	Hy	V
		kN	kN	kN
EQ	Beban Gempa Bangunan Bawah	12466	12466	-

8.2.8 Kombinasi Pembebanan

Dari perhitungan pembebanan diatas, berikut merupakan beban beban yang terjadi pada abutment (terhadap titik O)

Tabel 8. 8 Rekapitulasi Beban untuk Perencanaan Bangunan Bawah 1

Beban		V	Hx	Hy
		KN	KN	KN
MS/MA	Beban Permanen/Mati	20636	21552	131
MS	Beban Mati Abutment (M)	30959	0	0
TD	Beban Lajur D	5336	5937	52
TB	Gaya Rem (TB)	0	525	0
GG	Gesekan Perletakan	0	3896	0
EQ1	Beban gempa	654	1003	498
EQ2	Beban gempa struktur bawah pilar (EQ)	0	12466	12466
EW	Beban Angin	179	48	181
		57763	45427	13328

Tabel 8. 9 Rekapitulasi Beban untuk Perencanaan Bangunan Bawah 2

Beban		X	Z	M1	M2
		KN-m	KN-m	KN-m	KN-m
MS/MA	Beban Permanen/Mati	8.56	11	176640	237069

MS	Beban Mati Abutment (M)	0	5	0	0
TD	Beban Lajur D	8.56	11	45673	65308
TB	Gaya Rem (TB)	0	0	0	0
GG	Gesekan Perletakan	0	0	0	0
EQ1	Beban gempa	8.56	11	5601	11038
EQ2	Beban gempa struktur bawah pilar (EQ)	0	5	0	60174
EW	Beban Angin	8.56	11	1529	525
				229443	374114

Kombinasi pembebanan yang terjadi menurut RSNI adalah sebagai berikut :

Tabel 8. 10 Kombinasi Pembebanan Bangunan Bawah

Aksi		Kombinasi					
		1	2	3	4	5	6
M1	Beban Permanen/Mati	X	X	X	X	X	X
M2	Beban Mati Abutment (M)	X	X	X	X	X	X
TD	Beban Lajur D	X	O	O	O	O	-
TB	Gaya Rem (TB)	X	O	O	O	O	-
GG	Gesekan Perletakan	O	O	X	O	O	O
EW	Beban Angin	O	-	O	O	X	O
EQ1	Beban gempa	-	X	-	-	-	-
EQ2	Beban gempa struktur bawah pilar (EQ)	-	X	-	-	-	-

Maka kombinasi pembebanan yang mungkin terjadi berdasarkan tabel diatas adalah berikut :

Kombinasi 1 (M+TD+TB+EW)**Tabel 8. 11** Kombinasi Pembebanan Bangunan Bawah 1

Beban	V	Hx	Hy	Mx	My
	kN	kN	kN	kN.m	kN.m
MS/MA	20636	21552	131	176640	258621
MS	31452	0	0	0	0
TD	5336	5937	52	45673	71245
TB	0	525	0	0	0
EW	179	48	181	1529	573
Σ	57602	28061	364	223842	330439

Kombinasi 2 (M+TB+EQ)**Tabel 8. 12** Kombinasi Pembebanan Bangunan Bawah 2

Beban	V	Hx	Hy	Mx	My
	kN	kN	kN	kN.m	kN.m
MS/MA	20636	21552	131	176640	258621
MS	31452	0	0	0	0
TB	0	525	0	0	0
EQ1	654	1003	498	5601	12042
EQ2	0	12466	12466	0	68763
Σ	52742	35546	13094	182241	339426

Kombinasi 3 (M+GG)**Tabel 8. 13** Kombinasi Pembebanan Bangunan Bawah 3

Beban	V	Hx	Hy	Mx	My
	kN	kN	kN	kN.m	kN.m
MS/MA	20636	21552	131	176640	258621
MS	31452	0	0	0	0
GG	0	3896	0	0	0
Σ	52087	25447	131	176640	258621

Kombinasi 4 (M+TD)**Tabel 8. 14** Kombinasi Pembebanan Bangunan Bawah 4

Beban	V	Hx	Hy	Mx	My
	kN	kN	kN	kN.m	kN.m
MS/MA	20636	21552	131	176640	258621
MS	31452	0	0	0	0
TD	5336	5937	52	45673	71245
Σ	57423	27489	183	222313	329866

Kombinasi 5 (M+TD+ EW)**Tabel 8. 15** Kombinasi Pembebanan Bangunan Bawah 5

Beban	V	Hx	Hy	Mx	My
	kN	kN	kN	kN.m	kN.m
MS/MA	20636	21552	131	176640	258621
MS	31452	0	0	0	0
TD	5336	5937	52	45673	71245
TB	0	525	0	0	0
EW	179	48	181	1529	573
Σ	57602	28061	364	223842	330439

Kombinasi 6 (M+TD+TB)**Tabel 8. 16** Kombinasi Pembebanan Bangunan Bawah 6

Beban	V	Hx	Hy	Mx	My
	kN	kN	kN	kN.m	kN.m
MS/MA	20636	21552	131	176640	258621
MS	31452	0	0	0	0
GG	0	3896	0	0	0
Σ	52087	25447	131	176640	258621

Dari hasil analisa pembebanan diatas didapatkan kombinasi 5 merupakan kombimnasi dengan gaya gaya pembebanan terbesar yaitu kombinasi 1, sebagai berikut :

Tabel 8. 17 Rekapitulasi Kombinasi Pembebanan Terbesar

Gaya			Momen	
V	Hx	Hy	Mx	My
kN	kN	kN	kN.m	kN.m
55467	28061	364	223842	275366

8.3 Perencanaan Pilar Bangunan Bawah

8.3.1 Data Perencanaan Bangunan Bawah

$$f_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 410 \text{ Mpa}$$

$$\text{Decking} = 0.75 \text{ m}$$

$$H = 8$$

$$D \text{ tulangan} = 36$$

$$D \text{ sengkang} = 32$$

Melalui Program bantu SAP 2000 didapatkan gaya dalam sebagai berikut :

$$P = 55467 \text{ N}$$

8.3.2 Penulangan Pilar Pondasi

Didapat melalui, diperoleh jumlah tulangan 940 D36 telah memenuhi syarat 0.01.Ag dengan konfigurasi penulangan sebagai berikut :

$$0.01 < p_g < 0.06$$

$$0.01 < \frac{940 \times 0.25 \times \pi \times 36^2}{5000 \times 19000} < 0.06$$

$$0.01 < 0.010072 < 0.06 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol kekuatan Pilar jembatan terhadap gaya aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial hasil analisa struktur (SNI 03-2847-2013 Pasal 10.3.6.2) , Maka :

$$\phi P_n = 0,8 \times \phi \times (0,85 \times f'_c \times (A_g - A_{st}) + f_y \times (A_{st}))$$

Dimana :

$$A_g = 5000 \times 19000 = 95000000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 940 \times 0.25 \times \pi \times 36^2 = 956803.46 \text{ mm}^2$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 \phi P_n &= 0,8 \times \phi \times (0,85 \times f'_c \times (A_g - A_{st}) + f_y \times (A_{st})) \\
 &= 0,8 \times 0,65 \times (0,85 \times 40 \times (95000000 - 956803.46) \\
 &\quad + 410 \times (956803.46)) \\
 &= 1658838747.86 \text{ N} = 1658838.75 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\phi P_n > P_u$$

$$1658838.75 \text{ kN} > 55466.97 \text{ kN} \text{ (Memenuhi)}$$

Sehingga didapatkan untuk pilar jembatan menggunakan tulangan longitudinal 940 D 36.

Penulangan Pengekang Kolom

Luas penampang sengkang sesuai dengan SNI 2847 2013 pasal 21.6.4.4 dipakai yang terbesar dari:

$$Ash_1 = 0.3 \times \frac{s \times bc \times f'_c}{f_{yt}} \times \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right]$$

$$Ash_2 = 0.09 \times \frac{s \times bc \times f'_c}{f_{yt}}$$

Dimana :

$$100 < s < 150 \text{ (SNI 2847 2013 pasal 21.6.4.4)}$$

$$s = 100 \text{ mm}$$

$$A_g = 5000 \times 5000 = 95000000 \text{ mm}^2$$

$$bc = b_w - [2 \times (sb + 0.5 \times \phi_{confinement})] = 18818 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (b_w - 2 \times sb) \times (h - 2 \times s) = 91422500 \text{ mm}$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 Ash_1 &= 0.3 \times \frac{b \times bc \times f'_c}{f_{yt}} \times \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right] \\
 &= 0.3 \times \frac{100 \times 18818 \times 35}{410} \times \left[\frac{95000000}{91422500} - 1 \right] \\
 &= 1885.84 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$Ash_2 = 0.09 \times \frac{s \times bc \times f'_c}{f_{yt}}$$

$$= 0.09 \times \frac{100 \times 18818 \times 35}{410}$$

$$= 14457.73 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka dipakai Ash terbesar sebesar = $14457.73 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Kebutuhan tulangan pilar Jembatan :

$$A_{st} = 0.25 \times \pi \times 32^2 = 804.25 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{sh}}{A_{st}} = 17.98 = 18 \text{ Buah}$$

Pengekangan dipasang sepanjang l_0 sesuai SNI 2847 2013 Pasal 21.6.4.1, dimana :

$$l_0 > \text{penampang leleh} = 8000 \text{ mm}$$

$$l_0 > 1/6 l_n = 1/6 \times 9000 = 1333.33 \text{ mm}$$

$$l_0 > 450 \text{ mm}$$

$$\text{Dengan jarak} = \frac{8000}{18+1} = 420 \text{ mm}$$

Sehingga didapatkan untuk pilar jembatan menggunakan tulangan sengkang dipasang sepanjang 8000 mm dan digunakan tulangan 18 D32-420.

Kontrol Penulangan Terhadap Gaya Geser

Kekuatan geser beton (V_c) untuk komponen yang terkena beban aksial sesuai SNI 2847 2013 pasal 11.2.1.2, Dimana:

$$P_u = 55466970.95 \text{ kN}$$

$$\lambda = 1 \text{ (Beton normal)}$$

$$A_g = 95000000.00 \text{ mm}^2$$

$$b_w = 19000 \text{ mm}$$

$$d = 19000 - 50 - 32 - (0.25 \times 36) = 18814 \text{ mm}$$

maka :

$$V_c = 0.17 \times \left(1 + \frac{P_u}{14 \times A_g} \right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$= 0.17 \times \left(1 + \frac{55466970.95}{18 \times 95000000} \right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 19000 \times 18814$$

$$= 374508966.5 \text{ N}$$

Kuat Tulangan Geser (V_s) berdasarkan SNI 2847 2013 Pasal 21.6.4.5, dimana :

D sengkang = 32 mm

$$A_s = 18 \times 0.25 \times \pi \times 32^2 = 14476.46 \text{ mm}^2$$

Maka :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_s \times f_y \times d}{s} \\ &= \frac{14476.46 \times 410 \times 18814}{420} \\ &= 265875334.39 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\phi \cdot (V_c + V_s) > V_u$$

$$0.75 \times (374508966.5 + 265875334.39) > V_u$$

$$480288225.66 > 55466970.95 \text{ (Memenuhi)}$$

8.4 Perencanaan Pondasi

8.4.1 Data Perencanaan

Untuk struktur bangunan ini digunakan pondasi dalam pile dari Wika Pile Classification sebagai berikut:

Diameter D_p	= 0.60 m
Wall thickness	= 0.1 m
Kelas	= B
Unit weight	= 409 kg/m'
Length	= 6 – 14 m
Bending moment crack	= 26.4 Ton-m
Bending moment ultimate	= 45.4 Ton-m
Allowable axial load (Pijin)	= 242.0 Ton
Pu tiang	= 506.0 Ton
Luas Tiang (A_p)	= 0.283 m ²
Luas Selimut Tiang (A_s)	= 1.884955592 m

Tabel 8. 18 Hasil Rekapitulasi Pembebanan Bangunan Bawah

P	Mx	My
kN	kN.m	kN.m
55467	223842	275366

8.4.2 Daya Dukung Tiang Pancang

Pada perencanaan struktur bangunan bawah ini menggunakan rumusann Mayeerhof. Berikut perhitungan daya dukung tanah pada struktur jembatan tol porong :

Tabel 8. 19 Daya Dukung Tiang Pancang

Depth (m)	Jenis Tanah	N rata2	qc	Qp	li	Σli.fi	Qs	Pa = Qp+Qs
			N	Ton			Ton	
0	Lempung Kelanauan Sedikit Berpasir	0	0	0.0	0	0	0.0	0.0
-1	Lempung Kelanauan Sedikit Berpasir	2	40	3.8	2.0	2	0.8	4.5
-2	Lempung Kelanauan Sedikit Berpasir	4	80	7.5	4.0	6	2.3	9.8
-3	Lempung Kelanauan Sedikit Berpasir	5	90	8.5	4.5	11	4.0	12.4
-4	Lanau kerpasiran	5	100	9.4	5.0	16	5.8	15.3
-5	Lanau kerpasiran	4	70	6.6	3.5	19	7.2	13.8
-6	Lempung Kelanauan	2	40	3.8	2.0	21	7.9	11.7
-7	Lempung Kelanauan	1	20	1.9	1.0	22	8.3	10.2
-8	Lanau kelepungan	0	0	0.0	0.0	22	8.3	8.3
-9	Lanau kelepungan	1	20	1.9	1.0	23	8.7	10.6
-10	Lanau kelepungan berpasir sedikit kerikil	2	40	3.8	2.0	25	9.4	13.2
-11	Lanau kelepungan berpasir sedikit kerikil	3	60	5.7	3.0	28	10.6	16.2
-12	Pasir kelanauan Sedikit Berkerikil	4	80	7.5	4.0	32	12.1	19.6
-13	Pasir kelanauan Sedikit Berkerikil	4	80	7.5	4.0	36	13.6	21.1
-14	Pasir kelanauan Sedikit Berkerikil	4	80	7.5	4.0	40	15.1	22.6
-15	Pasir kelanauan Sedikit Berkerikil	2	40	3.8	2.0	42	15.8	19.6

Depth (m)	Jenis Tanah	N rata2	qc	Qp	li	$\Sigma li.fi$	Qs	Pa = Qp+Qs
-16	Pasir kelanauan Sedikit Berkerikil	0	0	0.0	0.0	42	15.8	15.8
-17	Pasir kelanauan Sedikit Berkerikil	2	30	2.8	1.5	44	16.4	19.2
-18	Pasir kelanauan Sedikit Berkerikil	3	60	5.7	3.0	47	17.5	23.2
-19	Pasir kelanauan Sedikit Berkerikil	5	90	8.5	4.5	51	19.2	27.7
-20	Lempung kelanauan berpasir	6	120	11.3	6.0	57	21.5	32.8
-21	Lempung kelanauan berpasir	7	130	12.3	6.5	64	23.9	36.2
-22	Lempung kelanauan berpasir	7	140	13.2	7.0	71	26.6	39.8
-23	Lempung kelanauan berpasir	13	250	23.6	12.0	83	31.1	54.7
-24	Lempung kelanauan berpasir	18	360	33.9	12.0	95	35.6	69.6
-25	Lempung kelanauan berpasir	16	320	30.2	12.0	107	40.1	70.3
-26	Pasir kelanauan sedikit berkerikil	14	560	52.8	10.0	117	43.9	96.7
-27	Pasir kelanauan sedikit berkerikil	25	1000	94.2	10.0	127	47.7	141.9
-28	Pasir kelanauan sedikit berkerikil	36	1440	135.7	10.0	137	51.5	187.2
-29	Pasir kelanauan sedikit berkerikil	32	1280	120.6	10.0	147	55.2	175.9
-30	Pasir kelanauan sedikit berkerikil	28	1120	105.6	10.0	157	59.0	164.6
-31	Pasir kelanauan sedikit berkerikil	34	1340	126.3	10.0	167	62.8	189.1
-32	Lanau kepasiran sedikit berkerikil	39	1560	147.0	10.0	177	66.5	213.6
-33	Lanau kepasiran sedikit berkerikil	38	1500	141.4	10.0	187	70.3	211.7
-34	Lanau kepasiran sedikit berkerikil	36	1440	135.7	10.0	197	74.1	209.8
-35	Lanau kepasiran sedikit berkerikil	30	1180	111.2	10.0	207	77.8	189.1
-36	Lanau kepasiran sedikit berkerikil	23	920	86.7	10.0	217	81.6	168.3
-37	Lanau kepasiran sedikit berkerikil	27	1060	99.9	10.0	227	85.4	185.3
-38	Lanau kepasiran sedikit berkerikil	30	1200	113.1	10.0	237	89.2	202.3

Berdasarkan hasil analisa daya dukung tanah tersebut didapatkan data :

Ru Tanah = 213.6 T

Kedalamn Rencana = -32 m

Ru ijin Tiang = 242 T

Syarat :

Ru Tanah < Ru ijin Tiang

213.6 T < 242.0 T (Memenuhi)

Contoh perhitungan daya dukung tiang pada kedalaman 32 m berdasarkan data N SPT

$$P_a = \frac{q_c \times A_p}{FK1} + \frac{\sum l_i f_i \times A_{st}}{FK2}$$

Dimana :

$$q_c = 40 \times N$$

$$FK1 = 2 \quad FK2 = 5$$

Maka daya dukung ijin tiang :

$$\begin{aligned} P_a &= \frac{q_c \times A_p}{FK1} + \frac{\sum l_i f_i \times A_{st}}{FK2} \\ &= \frac{40.33 \times 0.283}{3} + \frac{177 \times 1.885}{5} \\ &= 213.6 \text{ T} \end{aligned}$$

8.4.3 Perhitungan kebutuhan Jumlah Tiang Pancang

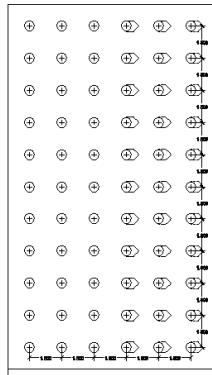
Jumlah tiang yang dipertukan dihitung dengan membagi gaya aksiat yang terjadi dengan daya dukung tiang. Sehingga didapatkan jumlah tiang minimum yang bisa digunakan

$$\begin{aligned} n_p &= \frac{P}{P_{all}} \\ &= \frac{55467}{2136} \\ &= 25.97 = 26 \text{ buah tiang} \end{aligned}$$

Jumlah tiang yang direncanakan pada bangunan bawah ini adalah 66 buah dengan konfigurasi

$m = 6$ buah

$n = 11$ buah



Gambar 8. 2 Denah Tiang Pancang

8.4.4 Efisiensi Kelompok Tiang Pancang

Pengurangan daya dukung ketompok tiang yang disebabkan oleh karena intervensi (tumpang tindihnya) garis-garis tegangan dari tiang-tiang yang berdekatan (group action) yang dinyatakan dalam suatu angka efisiensi. Perhitungan efisiensi ketompok tiang berdasarkan rumus Converse- Labbarre AASHTO adalah :

$$\begin{aligned}
 E_g &= 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \\
 &= 1 - \arctg\left(\frac{0.6}{1.8}\right) \cdot \frac{(11-1) \times 6 + (6-1) \times 11}{90 \times 6 \times 11} \\
 &= 0.9938
 \end{aligned}$$

Maka Daya dukung vertikal tiang adalah:

$$\begin{aligned}
 &= E_g \times \text{daya dukung tiang} \\
 &= 2122.35 \text{ kN} > 840 \text{ kN (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Maka Daya dukung vertikal ketompok tiang adalah:

$$\begin{aligned}
 &= E_g \times \text{jumlah pile} \times \text{daya dukung tiang} \\
 &= 0.9938 \times 66 \times 2135.7 \\
 &= 140075.19 \text{ kN} > 55467 \text{ kN (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

8.4.5 Beban Maksimum Tiang pada Kelompok Tiang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dipengaruhi oleh formasi tiang dalam satu kelompok tiang, tiang-tiang akan mengalami gaya tekan atau tarik. Oleh karena itu tiang-tiang harus dikontrol untuk memastikan bahwa masing-masing tiang masih dapat menahan bebannya struktur atas sesuai dengan daya dukungnya, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{maks} = \frac{Pu}{m \cdot n} + \frac{My \cdot X_{max}}{ny \cdot \Sigma x^2} + \frac{Mx \cdot Y_{max}}{nx \cdot \Sigma y^2}$$

dimana :

$$x_{max} = 4.5 \text{ m}$$

$$y_{max} = 9 \text{ m}$$

$$\Sigma x^2 = 1336.5 \text{ m}^2$$

$$\Sigma y^2 = 5346 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} P_{maks} &= \frac{Pu}{m \cdot n} + \frac{My \cdot X_{max}}{ny \cdot \Sigma x^2} + \frac{Mx \cdot Y_{max}}{nx \cdot \Sigma y^2} \\ &= \frac{55467}{6 \times 11} + \frac{275366 \times 4.5}{11 \times 1336.5} + \frac{223842 \times 9}{6 \times 5346} \\ &= 987.50 \text{ kN} < 2136 \text{ kN (Memenuhi)} \end{aligned}$$

8.4.6 Kontrol Keruntuhan Tanah Akibat Lateral Tiang

Perencanaan daya dukung terhadap gaya lateral ini direncanakan berdasarkan metode Broms. Reaksi yang terjadi berdasarkan hasil analisa sebagai berikut :

$$V = 55467 \text{ kN}$$

$$H_x = 28061 \text{ kN}$$

$$H_y = 364 \text{ kN}$$

Pada metode ini ditentukan jenis tiang pancang dengan faktor kekakuan (R), berikut :

$$R = \sqrt[4]{\frac{E_p \times I_p}{K_h \times D}}$$

Dimana :

E_p = modulus elastisitas tiang

$$= 4700 \times \sqrt{f_c'} \\ = 25742.96 \text{ Mpa}$$

$$I_p = \frac{1}{64} \times \pi \times D^4 \\ = 3.1 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$C_u = 6 \times N \\ = 6 \times 4.9 \\ = 53.16 \text{ N/mm}^2$$

$$k_h = 67 \times \frac{C_u}{D} = 0.00594$$

Maka :

$$R = \sqrt[4]{\frac{E_p \times I_p}{k_h \times D}} = \sqrt[4]{\frac{25742.96 \times 3.1 \times 10^9}{0.00594 \times 6000}} = 2170.06 \text{ mm}$$

Kedalaman tiang = 32 m

$$L > 3.5 \times R$$

$32 > 7.60$ (maka termasuk tiang panjang)

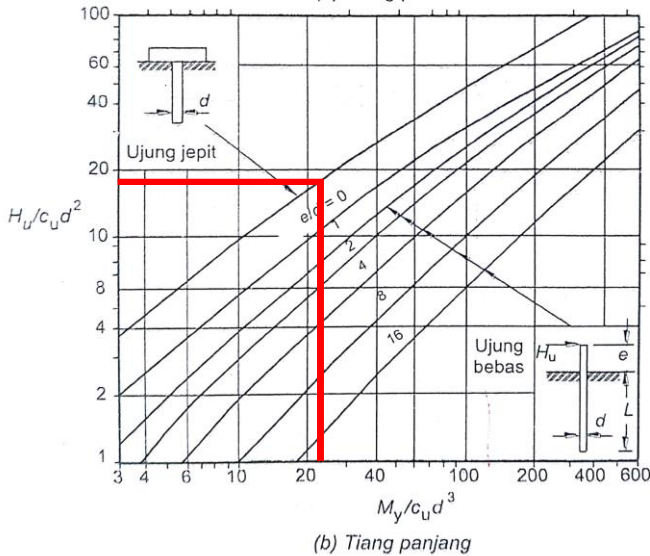
M_y tiang = 454 kNm (Pile Wika 0.6 m Class A)

Jenis tanah adalah lempung berlanau dengan pile terjepit pada bagian kepala (fixed head), sehingga :

$$e = 0.25 \text{ (tiang panjang)}$$

$$\frac{e}{D} = \frac{0.25}{0.6} = 0.417$$

$$\frac{M_y}{c_u \times d^2} = \frac{454}{53.16 \times 0.6^2} = 23.725$$



Gambar 8.3 Metode Broms

Sehingga :

$$\frac{Hu}{cu \times d^2} = 19$$

$$Hu = 19 \times cu \times d^2$$

$$= 19 \times 53.16 \times 0.6^2$$

$$= 363.585 \text{ kN}$$

$$Hu_{all} = Hu \times n_{tp} > Hx$$

$$= 363.585 \times 66$$

$$= 23996.63 \text{ kNm} < 28061 \text{ kNm}$$

(Tidak Memenuhi)

Dikarenakan tiang tidak sanggup menerima gaya horizontal yang terjadi maka konfigurasi tiang dirubah dengan memiringkan tiang pancang. Kemiringan tiang pancang direncanakan 1/10. Sehingga daya dukung terhadap gaya horizontalnya, berikut :

$$Hu_{tm} = \frac{1}{10} \times Pu_{tiang}$$

$$= \frac{1}{10} \times 2135.7$$

$$= 213.543$$

$$\begin{aligned} Hu_{all} &= (Hu \times n_{tp}) + (Hu_{tm} \times n_{tpm}) > Hx \\ &= (363.585 \times 66) + (213.543 \times 33) > Hx \\ &= 31043.55 \text{ kNm} < 28061 \text{ kNm (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisa diatas konfigurasi tiang yang direncanakan sanggup menerima gaya horizontal yang terjadi. Sehingga, tiang yang digunakan dalam perencanaan jembatan ini berjumlah 66 buah (6 x 11) dengan diameter 0.6 m

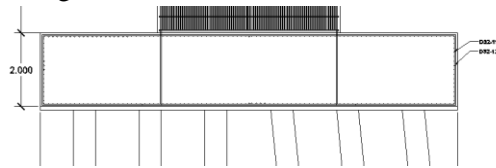
8.5 Perencanaan Pile Cap

8.5.1 Data Perencanaan Pile Cap

$$f_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 410 \text{ Mpa}$$

$$\text{Decking} = 0.075 \text{ m}$$



Gambar 8. 4 Desain Rencana Pile Cap

8.5.2 Kontrol Geser Satu Arah pada Pile Cap

Gaya geser yang bekerja pada penampang kritis adalah :

$$V_u = \sigma \cdot L \cdot G'$$

Dimana :

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{55467}{232.56} = 238.51 \text{ kNm}$$

$$d = 1.909 \text{ m}$$

Maka :

Arah X

$$\begin{aligned} G' &= 1.2 + 0.5 \times 1.8 \\ &= 2.1 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \sigma \cdot L \cdot G' \\
 &= 232.56 \times 11.4 \times 2.1 \\
 &= 5709.84 \text{ kN} \\
 \varphi V_c &= \varphi \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d \\
 &= 0.75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 11.4 \times 1.909 \\
 &= 16093.66 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kontrol kuat geser beton

$$\begin{aligned}
 \varphi V_c &> V_u \\
 16093.66 \text{ kN} &> 5709.84 \text{ kN} \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Arah Y

$$\begin{aligned}
 G' &= 1.2 + 0.5 \times 1.8 \\
 &= 2.1 \text{ mm} \\
 V_u &= \sigma \cdot L \cdot G' \\
 &= 238.51 \times 20.4 \times 2.1 \\
 &= 10217.60 \text{ kN} \\
 \varphi V_c &= \varphi \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d \\
 &= 0.75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 20.4 \times 1.909 \\
 &= 28799.18 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kontrol kuat geser beton

$$\begin{aligned}
 \varphi V_c &> V_u \\
 28799.18058 \text{ kN} &> 10217.6 \text{ kN} \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

8.5.3 Kontrol Geser Dua Arah pada Pile Cap

Gaya geser yang bekerja pada penampang adalah :

$$\begin{aligned}
 V_u &= \sigma \cdot (L^2 - B'^2) \\
 B' &= B - 2 \cdot (0.5 \cdot d) = 3.091 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$V_u = \sigma \cdot (L^2 - B'^2)$$

$$\begin{aligned}
 &= 238.51 \cdot (5^2 - 3.091^2) \\
 &= 96977.93 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang bekerja pada penampang harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil gaya geser (V_c) terkecil (SNI 03-2847-2013:

$$(1) V_c = 0.17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d$$

$$(2) V_c = 0.083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_0} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d$$

$$(3) V_c = 0.33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d$$

Dimana :

$$\beta = \frac{19}{5} = 3.8$$

$$b_0 = 2 \cdot (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4 \cdot d = 55.64$$

$$\lambda = 1 (\text{Beton Normal})$$

$$\alpha = 40 (\text{Kolom Tengah})$$

Maka :

$$\begin{aligned}
 (1) V_c &= 0.17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d \\
 &= 0.17 \times \left(1 + \frac{2}{3.8}\right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 55.64 \times 1.909 \\
 &= 163038.12 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (2) V_c &= 0.083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_0} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d \\
 &= 0.083 \cdot \left(\frac{40 \times 1.939}{55.74} + 2\right) \times 1 \times \sqrt{35} \times 55.64 \times 1.909 \\
 &= 175883.44 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (3) V_c &= 0.33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_0 \cdot d \\
 &= 0.33 \times 1 \times \sqrt{35} \times 55.64 \times 1.909 \\
 &= 207352.74 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut

Kontrol kuat geser beton:

$$V_c > V_u$$

$$163038.1232 \text{ kN} > 96977.93 \text{ kN (Memenuhi)}$$

8.5.4 Penulangan Pile Cap

Pada perencanaan pile cap ini akan direncanakan penulangan utama dengan detail perhitungan berikut :

Penulangan Arah X

$$B' = \frac{\text{Lebar pile cap}}{2} - \frac{\text{Lebar kolom}}{2} = 3.2 \text{ m}$$

$$B_j = 22.77 \text{ kNm}$$

$$q' = B_j \cdot h \cdot \text{lebar pile cap} = 519.156 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 2 \cdot \frac{P_u}{4} \cdot s - \frac{1}{2} \cdot q' \cdot B'^2 \\ &= 2 \times \frac{55467}{4} \times 2.1 - \frac{1}{2} \times 519.156 \times 3.2^2 \\ &= 55582.241 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Tulangan Utama Arah X

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{55582240778}{0.8 \times 20400 \times 1.939^2} \\ &= 1.487 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0.85 \cdot f'_c} \\ &= \frac{410}{0.85 \times 35} \\ &= 13.782 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \beta \cdot \frac{0.85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0.81 \times \frac{0.85 \times 35}{360} \times \left(\frac{600}{600 + 410} \right) \\ &= 0.035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1.4}{410} \\ &= 0.0034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_{\max} &= 0,75. p_b \\ &= 0.75 \times 0.035 \\ &= 0.0262 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13.782} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.782 \times 1.493}{410}} \right) \\ &= 0.0037 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{array}{ccccc} \rho_{\min} & < & \rho_{\text{perlu}} & < & \rho_{\max} \\ 0.003415 & < & 0.0037 & < & 0.026187 \end{array}$$

Maka, dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0.0037$

Besarnya Luas Tulangan (A_s) yang diperlukan pada pelat lantai jembatan ini adalah :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0.0037 \times 20400 \times 1939 \\ &= 144913.962 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{\text{tulangan}} &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}} \\ &= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 32^2 \cdot 20400}{144913.962} \\ &= 113.217 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan Lentur dengan jarak = 110 mm

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{pasang}}} &= \frac{b}{S_{\text{tulangan}}} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\
 &= \frac{20400}{110} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 32^2 \\
 &= 149151.395 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

As pasang > As perlu

149151.395 > 144913.962 (Memenuhi)

Berdasarkan dari hasil analisa perhitungan tulangan yang digunakan adalah D 32 dengan jarak 110

Penulangan Arah Y

$$B' = \frac{\text{Lebar pile cap}}{2} - \frac{\text{Lebar kolom}}{2} = 0.7 \text{ m}$$

$$B_j = 22.77 \text{ kNm}$$

$$q' = B_j \cdot h \cdot \text{lebar pile cap} = 929.016 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= 2 \cdot \frac{P_u}{4} \cdot s - \frac{1}{2} \cdot q' \cdot B'^2 \\
 &= 2 \times \frac{55467}{4} \times 2.1 - \frac{1}{2} \times 929.016 \times 0.7^2 \\
 &= 58012.711 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Tulangan Utama Arah Y

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 &= \frac{58012710578}{0.8 \times 11400 \times 1.939^2} \\
 &= 0.867
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 \cdot f'_c} \\
 &= \frac{410}{0.85 \times 35} \\
 &= 13.782
 \end{aligned}$$

$$p_b = \beta \cdot \frac{0.85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0.81 \times \frac{0.85 \times 35}{360} \times \left(\frac{600}{600 + 410} \right)$$

$$= 0.035$$

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{1.4}{410}$$

$$= 0.0034$$

$$p_{\max} = 0,75 \cdot p_b$$

$$= 0.75 \times 0.035$$

$$= 0.0262$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{13.782} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13.782 \times 0.867}{410}} \right)$$

$$= 0.0021$$

Kontrol

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0.0034 < 0.0021 < 0.026187$$

Maka, dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0.0034$

Besarnya Luas Tulangan (A_s) yang diperlukan pada pelat lantai jembatan ini adalah :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0.0034 \times 11400 \times 1939$$

$$= 74311.317 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s_{\text{perlu}}}}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 32^2 \cdot 11400}{74311.317}$$

$$= 123.379 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan Lentur dengan jarak = 120 mm

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= \frac{b}{S_{\text{tulangan}}} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \\ &= \frac{11400}{120} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 32^2 \\ &= 76403.533 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$A_{s_{\text{pasang}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$

$76403.533 > 74311.317$ (Memenuhi)

Berdasarkan dari hasil analisa perhitungan tulangan yang digunakan adalah D 32 dengan jarak 120

BAB 9

METODE PELAKSANAAN JEMBATAN

9.1 Tahapan Metode Konstruksi Jembatan

Metode pelaksanaan yang digunakan dalam perencanaan jembatan busur baja ini menggunakan metode balance cantilever dengan dibantu tarikan kabel dari temporary tower untuk pemasangan rangka busurnya. Temporary tower dipasang pada samping jembatan dan waktu pemasangan rangka busur dibantu oleh crane. Untuk tahapan metode konstruksinya sebagai berikut :

9.1.1 Tahap 1 Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan yang dilakukan pada proses pembangunan jembatan busur ini terdiri dari, berikut:

- Pengukuran Pembuatan Direksi Keet
- Pembuatan Jalan Kerja
- Pematangan Lahan
- Pembuatan Lokasi Unloading Material



Gambar 9. 1 Denah Pekerjaan Jembatan

9.1.2 Tahap 2 Bangunan Bawah

Pekerjaan yang dilakukan pada bangunan bawah jembatan busur ini terdiri dari, berikut :

- Pekerjaan Pondasi :
 - Pekerjaan Pemancangan

Pekerjaan bangunan bawah ini dimulai dengan pemancangan spun pile, spun pile yang digunakan berdiameter D 600 mm yang diproduksi PT WIKA beton dengan Alat berat yang digunakan adalah Alat Pancang Drop Hammer



Gambar 9. 2 Pemancangan Pondasi

- Pekerjaan Penyambungan Tiang Pancang

Untuk pekerjaan penyambungan Tiang Pancang dilakukan sebanyak dua kali, karena kedalaman Tiang Pancang direncanakan 34 meter. Maka terdapat tiga segmen (bagian). Segmen I pada kedalaman 14 meter, segmen II pada kedalaman 6 meter, diteruskan pada segmen III dengan kedalaman 12 meter.



Gambar 9. 3 Penyambungan Tiang Pancang

- Pekerjaan Pile Cap Bangunan Bawah Jembatan

Dilanjutkan dengan penulangan dan pengecoran konstruksi poer pilar yang diawali dengan penggalian tanah sesuai perencanaan dan pembuatan lantai kerja. Terdiri dari pekerjaan :

- Pekerjaan Pembesian

Setelah dilakukan pemancangan dilakukan pembesian pile cap dengan Alat berat yang digunakan adalah dumb truck digunakan untuk pengangkatan material tulangan.



Gambar 9. 4 Pembesian Pile Cap

- Pemasangan Bekisting

Pada saat dilakukan pembesian dilakukan juga pemasangan bekisting pile cap dengan Alat berat yang digunakan adalah dumb truck digunakan untuk pengangkatan material bekisting.

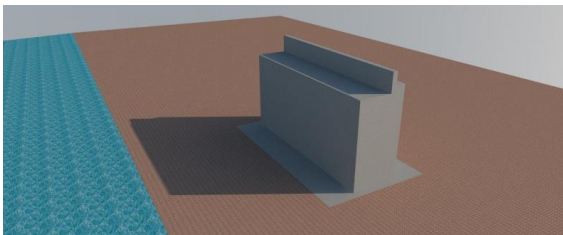
- Pekerjaan Pengecoran

Setelah semua tahapan awal selesai dilanjutkan dengan pengecoran pile cap dengan Alat berat yang digunakan adalah Concrete pump dan Truck mixer digunakan pada proses pengecoran pile cap.



Gambar 9. 5 Pengecoran Pile Cap

- Pekerjaan Pilar Bangunan Bawah Jembatan
 - Pekerjaan Pembesian
Pekerjaan diawali dengan pekerjaan pembesian dengan Alat berat yang digunakan adalah dumb truck digunakan untuk pengangkatan material tulangan.
 - Pemasangan Bekisting
Setelah itu dilakukan pemasangan bekisting pada pilar jembatan dibantu dengan *scaffolding* dengan Alat berat yang digunakan adalah dumb truck digunakan untuk pengangkatan material bekisting.
 - Pekerjaan Pengecoran
Setelah semua tahapan awal selesai dilanjutkan dengan pengecoran pilar jembatan dibantu dengan *scaffolding* dengan Alat berat yang digunakan adalah Concrete pump dan Truck mixer digunakan pada proses pengecoran pile cap.



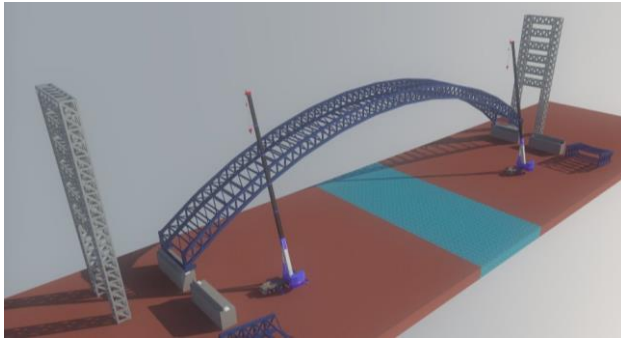
Gambar 9. 6 Konstruksi Bangunan Bawah

9.1.3 Tahap 3 Bangunan Atas

Pekerjaan yang dilakukan pada bangunan atas jembatan busur ini terdiri dari, berikut :

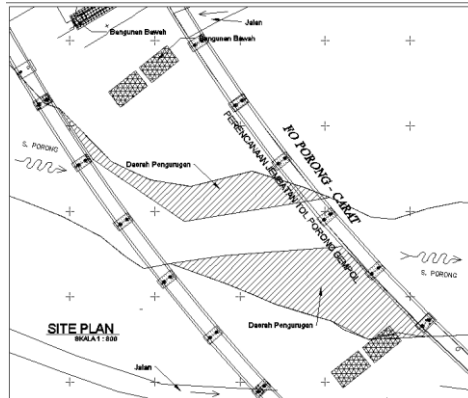
- Struktur Busur
 - Pemasangan Elemen Busur
 - Pekerjaan Sambungan
 - Pemasangan Hanger

Pada pelaksanaan Struktur Busur Jembatan Busur menggunakan metode balance cantilever dengan dibantu tarikan kabel dari temporary tower. Temporary tower ini berguna untuk pemasangan rangka atas.



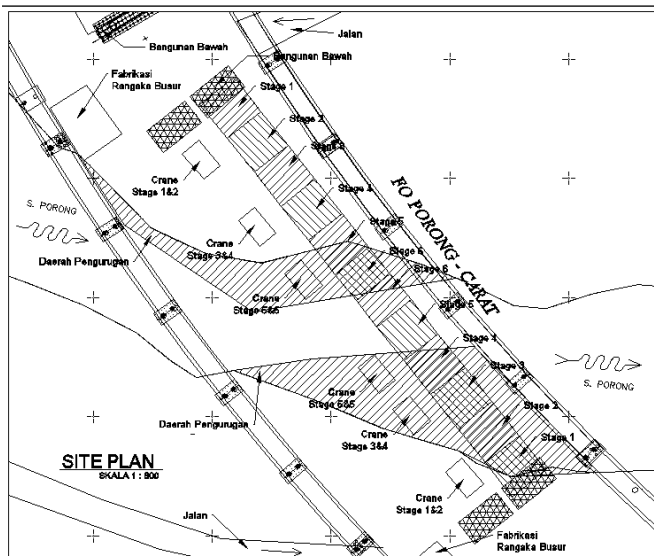
Gambar 9. 7 Konstruksi Struktur Busur Jembatan

Alat berat yang digunakan pada metode pelaksanaan ini adalah crane. Tahapan awal dari perencanaan ini dimulai dengan pembendungan sungai dari lebar 50m-100m menjadi lebar 40m lalu dilanjutkan dengan pengurugan lahan kerja dengan ketinggian +2 m dari muka air sungai lalu dilanjutkan pematangan lahan.



Gambar 9. 8 Lokasi Pengurugan Lahan

Pekerjaan selanjutnya yang dilakukan adalah pembuatan temporary tower untuk ereksi rangka busur jembatan. Ereksi rangka busur dibagi menjadi 6 segmen, setiap segmen sepanjang 17,5m-14m dengan setiap segmen perlu di bantu temporary cable. Untuk denah pekerjaannya sebagai berikut :



Gambar 9. 9 Denah Pekerjaan

Sedangkan untuk tahapan pelaksanaan rangka busurnya sebagai berikut :

a. Stage 1

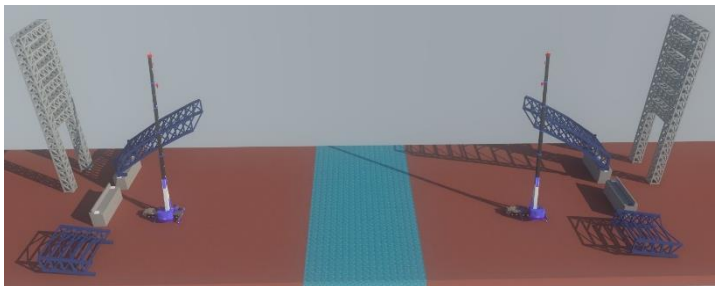
Stage 1 memiliki panjang 17.5 m, total panjang stage 1 adalah 17.5 m. Alat berat yang digunakan adalah crane yang digunakan untuk pengangkatan dan perakitan struktur busur.



Gambar 9. 10 Stage 1 dengan panjang 17.5 m

b. Stage 2

Stage 2 memiliki panjang 17.5 m, total panjang stage 2 adalah 35 m. Alat berat yang digunakan adalah crane yang digunakan untuk pengangkatan dan perakitan struktur busur.

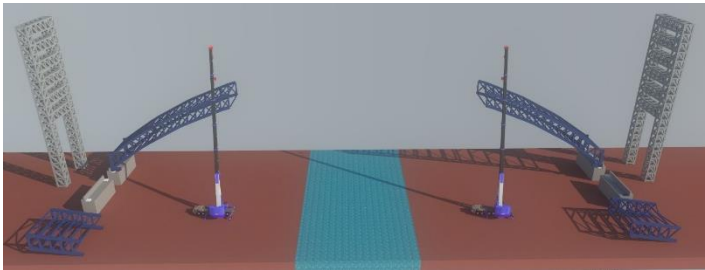


Gambar 9. 11 Stage 2 dengan panjang 17.5 m

c. Stage 3

Stage 3 memiliki panjang 17.5 m, total panjang stage 3 adalah 52.5 m. Alat berat yang digunakan adalah crane

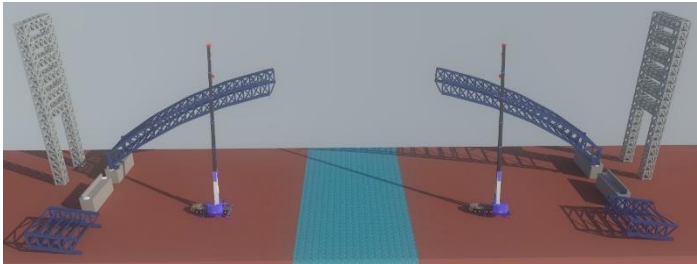
yang digunakan untuk pengangkatan dan perakitan struktur busur.



Gambar 9. 12 Stage 3 dengan panjang 17.5 m

d. Stage 4

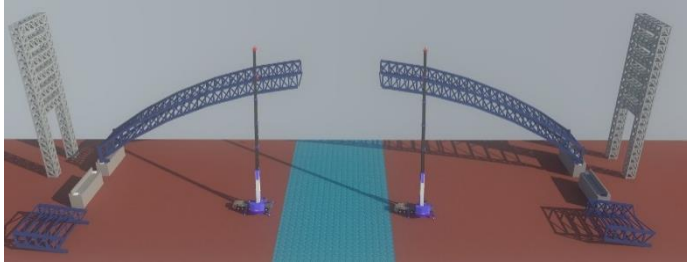
Stage 4 memiliki panjang 17.5 m, total panjang stage 4 adalah 70 m. Alat berat yang digunakan adalah crane yang digunakan untuk pengangkatan dan perakitan struktur busur.



Gambar 9. 13 Stage 4 dengan panjang 17.5 m

e. Stage 5

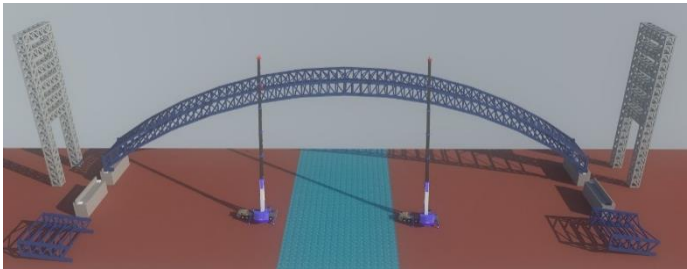
Stage 5 memiliki panjang 17.5 m, total panjang stage 5 adalah 87.5 m. Alat berat yang digunakan adalah crane yang digunakan untuk pengangkatan dan perakitan struktur busur.



Gambar 9. 14 Stage 5 dengan panjang 17.5 m

f. Stage 6

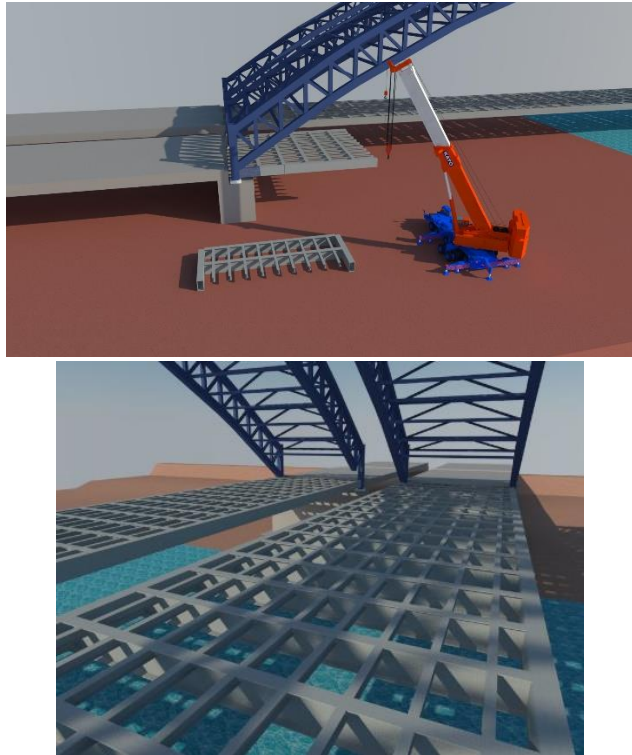
Stage 6 memiliki panjang 14 m, total panjang stage 6 adalah 105 m. Alat berat yang digunakan adalah crane yang digunakan untuk pengangkatan dan perakitan struktur busur.



Gambar 9. 15 Stage 6 dengan panjang 14 m

- Struktur Lantai Jembatan
 - Pekerjaan Pemasangan Gelagar dan Pekerjaan Sambungan

Setelah selesainya pekerjaan Busur Rangka busur maka dilanjutkan dengan pemasangan struktur lantai jembatan yaitu: hanger, gelagar memanjang samping, gelagar memanjang dan gelagar melintang. Alat berat yang digunakan adalah crane yang digunakan untuk pengangkatan dan perakitan struktur busur.



Gambar 9. 16 Pemasangan Struktur Lantai Jembatan

- Pekerjaan Plat Lantai Kendaraan

Setelah itu akan dilakukan pembongkaran temporary tower. Dialanjutkan dengan pemasangan steel deck dan bekisting plat lantai sebagai formwork, dilanjutkan dengan penulangan lantai jembatan, lalu pengecoran lantai jembatan. Alat berat yang digunakan adalah *Concrete Pump*, *Concrete mixer*, *Dumb Truck* dan *Crane* yang digunakan untuk pengecoran, pengangkatan dan perakitan plat lantai jembatan.



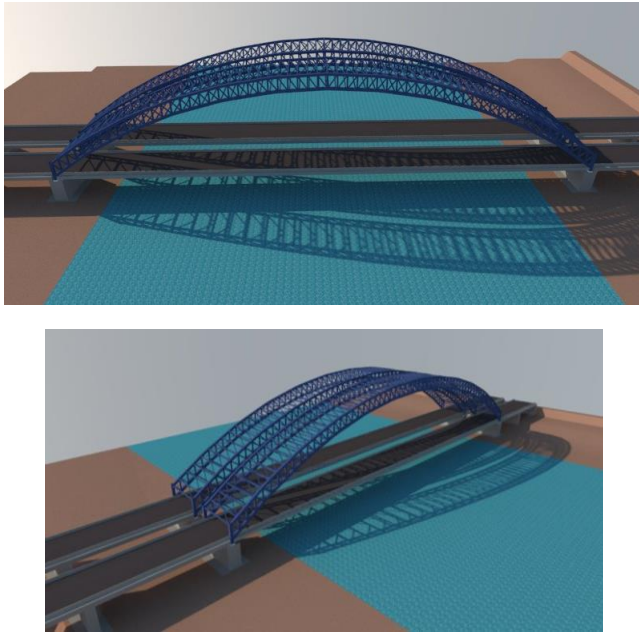
Gambar 9. 17 Konstruksi Plat Lantai Jembatan

9.1.4 Tahap 4 Pekerjaan Finishing

Pekerjaan finishing yang dilakukan pada jembatan busur ini terdiri dari, berikut :

- Pekerjaan Pengaspalan
- Pemasangan Marka Jalan
- Pemasangan Lampu, Dll

Setelah pekerjaan struktural diselesaikan maka pekerjaan yang harus diselesaikan selanjutnya adalah, : pengaspalan lantai jembatan, pemasangan pembatas jembatan, dan pemasangan kelengkapan jembatan lainnya.



Gambar 9. 18 Pekerjaan Finishing Jembatan

9.2 Analisa Struktur

Pembebanan yang digunakan pada perencanaan pelaksanaan jembatan ini sesuai dengan (SNI 1725-2016 pasal 10.3)

9.3.1 Analisa Temporary Tower

Data perencanaan yang digunakan dalam perencanaan Temporary tower ini adalah sebagai berikut:

Profil Baja

Rangka Vertikal : BOX 400.400.20

Rangka Horizontal : BOX 400.400.20

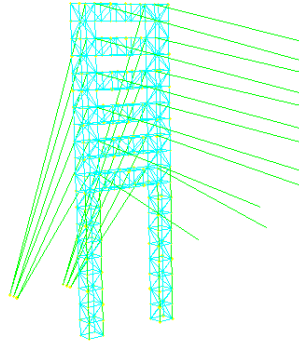
Rangka Diagonal : BOX 400.400.20

Mutu Profil Baja BJ 55

Tegangan Leleh (f_y) : 410 MPa

Modulus Elastisitas Baja (E) : 200000 MPa

Pada analisa temporary tower ini dibantu dengan program bantu SAP2000. Dimana didapat hasil sebagai berikut



Gambar 9. 19 Hasil Analisa Temporary Tower dengan SAP2000

Berdasarkan analisa SAP2000 temporary tower yang direncanakan mampu menahan beban dari pelaksanaan jembatan, dimana beban terbesar yang terjadi pada temporary tower berdasarkan analisa SAP200 sebagai berikut :

Tabel 9. 1 Hasil Output SAP Untuk Frame Temporary Tower

Frame	Station	P	V2	V3	M2	M3
	m	N	N	N	N-m	N-m
TT9	3.6	-4972055	37733.21	50996.01	-115064	-98748.9
TT33	3.6	-4937861	-56813.3	-79466.2	146918.2	84847.12
TT17	3.6	-4890290	36634.51	51176.41	-114390	-96638.6

9.3.2 Analisa Kekuatan Temporary Cable

Data kabel

Profil kabel Penggantung MACALLOY 520

Table 3 - Tendon Capacities for Carbon and Stainless Macalloy 520																	
Thread	Units	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100	M105
Nominal Bar Dia.	mm	10	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	87	97	102
Min. Yield Load	kN	28	41	77	122	176	284	411	566	746	1030	1360	1985	2531	2862	3585	3979
Min. Break Load	kN	35	52	98	155	223	360	522	719	946	1308	1727	2520	3212	3633	4551	5279
Design Resistance to EC3 N_{Rd}	kN	26	38	71	112	161	257	376	518	682	942	1244	1814	2313	2616	3277	3801
Nominal Bar Weight	(kg/m)	0.5	0.75	1.4	2.2	3	4.8	7.1	9.4	12.5	16.7	22.2	32	41.5	46.7	58	64.1

Gambar 9. 20 Profil kabel Penggantung MACALLOY 520

Panjang kabel penggantung, $L = 35$ m

Diameter Kabel $D = 102$ mm

Berat Kabel $w = 64.1$ kg/m

$A = 8171.28$ mm²

Tegangan $Pu.allow = 3979$ kN

$$\begin{aligned}\phi.Pu_{allow} &= 0.65 \times 3979 \\ &= 2586.35 \text{ kN}\end{aligned}$$

1. Stage 1



Gambar 9. 21 Analisa Temporary Tower dengan SAP2000 Stage 1
Berdasarkan Analisa SAP2000 kabel mengalami gaya Tarik sebesar, berikut :

Tabel 9. 2 Hasil Output SAP Untuk Gaya Tarik Stage 1

Frame		Panjang Kabel	Gaya Tarik Kabel (P)	Min. Break Load	Keterangan
		m	kN	kN	
Main Span	CBMP10	36.45	431.43	2586.35	OK
Main Span	CBMP9	36.45	430.79	2586.35	OK
Idle Span	CBMP1	51.05	325.61	2586.35	OK
Idle Span	CBMP2	51.05	315.54	2586.35	OK

2. Stage 2



Gambar 9. 22 Analisa Temporary Tower dengan SAP2000 Stage 2

Berdasarkan Analisa SAP2000 kabel mengalami gaya Tarik sebesar, berikut :

Tabel 9. 3 Hasil Output SAP Untuk Gaya Tarik Stage 2

Frame		Panjang Kabel	Gaya Tarik Kabel (P)	Min. Break Load	Keterangan
		m	kN	kN	
Main Span	CBMP10	36.45	589.85	2586.35	OK
Main Span	CBMP9	36.45	593.14	2586.35	OK
Idle Span	CBMP1	51.05	695.64	2586.35	OK
Idle Span	CBMP2	51.05	687.58	2586.35	OK
Main Span	CBMP15	53.42	713.19	2586.35	OK
Main Span	CBMP16	53.42	716.63	2586.35	OK
Idle Span	CBMP3	56.36	729.34	2586.35	OK
Idle Span	CBMP4	56.36	716.06	2586.35	OK

3. Stage 3



Gambar 9. 23 Analisa Temporary Tower dengan SAP2000 Stage 3
Berdasarkan Analisa SAP2000 kabel mengalami gaya Tarik sebesar, berikut :

Tabel 9. 4 Hasil Output SAP Untuk Gaya Tarik Stage 3

Frame		Panjang Kabel	Gaya Taik Kabel (P)	Min. Break Load	Keterangan
		m	kN	kN	
Main Span	CBMP10	36.45	676.89	2586.35	OK
Main Span	CBMP9	36.45	683.56	2586.35	OK
Idle Span	CBMP1	51.05	982.05	2586.35	OK
Idle Span	CBMP2	51.05	975.29	2586.35	OK
Main Span	CBMP15	53.42	904.99	2586.35	OK
Main Span	CBMP16	53.42	906.38	2586.35	OK
Idle Span	CBMP3	56.36	1044.39	2586.35	OK

Idle Span	CBMP4	56.36	1031.64	2586.35	OK
Idle Span	CBMP5	63.12	1069.87	2586.35	OK
Idle Span	CBMP6	63.12	1054.42	2586.35	OK
Main Span	CBMP17	70.86	860.88	2586.35	OK
Main Span	CBMP18	70.86	865.19	2586.35	OK

4. Stage 4

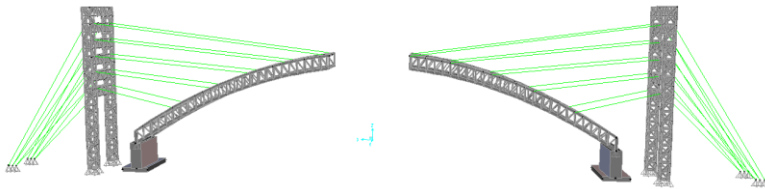


Gambar 9. 24 Analisa Temporary Tower dengan SAP2000 Stage 4
Berdasarkan Analisa SAP2000 kabel mengalami gaya Tarik sebesar, berikut :

Tabel 9. 5 Hasil Output SAP Untuk Gaya Tarik Stage 4

Frame		Panjang Kabel	Gaya Taik Kabel (P)	Min. Break Load	Keterangan
		m	kN	kN	
Main Span	CBMP10	36.45	684.69	2586.35	OK
Main Span	CBMP9	36.45	694.92	2586.35	OK
Idle Span	CBMP1	51.05	1219.36	2586.35	OK
Idle Span	CBMP2	51.05	1213.63	2586.35	OK
Main Span	CBMP15	53.42	1042.63	2586.35	OK
Main Span	CBMP16	53.42	1042.70	2586.35	OK
Idle Span	CBMP3	56.36	1319.91	2586.35	OK
Idle Span	CBMP4	56.36	1306.71	2586.35	OK
Idle Span	CBMP5	63.12	1372.32	2586.35	OK
Idle Span	CBMP6	63.12	1355.52	2586.35	OK
Idle Span	CBMP7	69.01	1361.59	2586.35	OK
Idle Span	CBMP8	69.01	1344.13	2586.35	OK
Main Span	CBMP17	70.86	1047.55	2586.35	OK
Main Span	CBMP18	70.86	1050.90	2586.35	OK
Main Span	CBMP19	88.50	984.17	2586.35	OK
Main Span	CBMP20	88.50	982.58	2586.35	OK

5. Stage 5

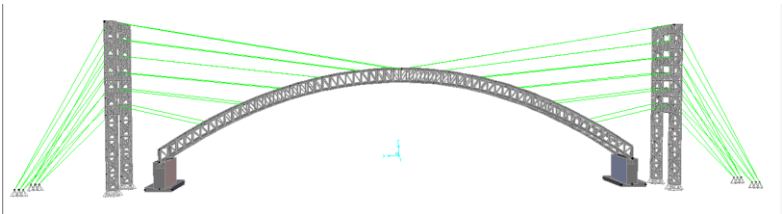


Gambar 9. 25 Analisa Temporary Tower dengan SAP2000 Stage 5
Berdasarkan Analisa SAP2000 kabel mengalami gaya Tarik sebesar, berikut :

Tabel 9. 6 Hasil Output SAP Untuk Gaya Tarik Stage 5

Frame		Panjang Kabel	Gaya Tarik Kabel (P)	Min. Break Load	Keterangan
		m	kN	kN	
Main Span	CBMP10	36.45	612.24	2586.35	OK
Main Span	CBMP9	36.45	626.75	2586.35	OK
Idle Span	CBMP1	51.05	1389.98	2586.35	OK
Idle Span	CBMP2	51.05	1385.68	2586.35	OK
Main Span	CBMP15	53.42	1102.22	2586.35	OK
Main Span	CBMP16	53.42	1100.96	2586.35	OK
Idle Span	CBMP3	56.36	1538.63	2586.35	OK
Idle Span	CBMP4	56.36	1524.65	2586.35	OK
Idle Span	CBMP5	63.12	1632.91	2586.35	OK
Idle Span	CBMP6	63.12	1613.80	2586.35	OK
Idle Span	CBMP7	69.01	1645.14	2586.35	OK
Idle Span	CBMP8	69.01	1624.55	2586.35	OK
Main Span	CBMP17	70.86	1187.44	2586.35	OK
Main Span	CBMP18	70.86	1190.58	2586.35	OK
Idle Span	CBMP11	76.05	1659.19	2586.35	OK
Idle Span	CBMP12	76.05	1639.19	2586.35	OK
Main Span	CBMP19	88.50	1167.35	2586.35	OK
Main Span	CBMP20	88.50	1165.79	2586.35	OK
Main Span	CBMP21	106.38	1097.69	2586.35	OK
Main Span	CBMP22	106.38	1101.84	2586.35	OK

6. Stage 6



Gambar 9. 26 Analisa Temporary Tower dengan SAP2000 Stage 6
Berdasarkan Analisa SAP2000 kabel mengalami gaya Tarik sebesar, berikut :

Tabel 9. 7 Hasil Output SAP Untuk Gaya Tarik Stage 6

Frame		Panjang Kabel	Gaya Tarik Kabel (P)	Min. Break Load	Keterangan
		m	kN	kN	
Main Span	CBMP10	36.45	473.48	2586.35	OK
Main Span	CBMP9	36.45	493.15	2586.35	OK
Idle Span	CBMP1	51.05	1494.97	2586.35	OK
Idle Span	CBMP2	51.05	1492.81	2586.35	OK
Main Span	CBMP15	53.42	1085.06	2586.35	OK
Main Span	CBMP16	53.42	1082.28	2586.35	OK
Idle Span	CBMP3	56.36	1706.22	2586.35	OK
Idle Span	CBMP4	56.36	1691.46	2586.35	OK
Idle Span	CBMP5	63.12	1863.62	2586.35	OK
Idle Span	CBMP6	63.12	1841.55	2586.35	OK
Main Span	CBMP17	70.86	1264.61	2586.35	OK
Main Span	CBMP18	70.86	1268.08	2586.35	OK
Idle Span	CBMP11	76.05	1974.52	2586.35	OK
Idle Span	CBMP12	76.05	1949.80	2586.35	OK
Idle Span	CBMP13	82.27	1989.93	2586.35	OK
Idle Span	CBMP14	82.27	1921.23	2586.35	OK
Main Span	CBMP19	88.50	1311.54	2586.35	OK
Main Span	CBMP20	88.50	1311.08	2586.35	OK
Main Span	CBMP21	106.38	1276.96	2586.35	OK
Main Span	CBMP22	106.38	1281.80	2586.35	OK
Main Span	CBMP23	124.60	1232.67	2586.35	OK
Main Span	CBMP24	124.60	1235.55	2586.35	OK

BAB 10

KESIMPULAN

Dari hasil perencanaan yang dilakukan pada jembatan tol porong-gempol dengan struktur busur baja maka hasil analisa diperoleh data-data sebagai berikut:

1. Dimensi jembatan yang direncanakan sepanjang 210 meter, lebar jalan 17.3 meter dengan satu lajur satu arah, untuk dimensi busur sendiri memiliki tinggi fokus busur 40.5 meter dan tinggi penampang busur 5.5 meter.
2. Untuk pelat lantai kendaraan merupakan pelat beton dengan ketebalan 0.25 meter dan dilapisi aspal dengan ketebalan 0.04 meter. Untuk lapisan dasarnya menggunakan steeldeck yang diproduksi oleh LYSAGHT dengan ketebalan 0.7mm. Tulangan yang digunakan pada lantai jembatan pada daerah tumpuan dipasang D16-160 untuk tulangan Lentur dan D13-200 untuk tulangan Susut, sedangkan untuk daerah lapangan dipasang D16-120 untuk tulangan Lentur dan D13-140 untuk tulangan Susut.
3. Mutu profil Baja yang digunakan:
 Mutu Profil Baja BJ 55
 Tegangan Leleh (f_y) : 410 MPa
 Tegangan Putus (f_u) : 550 MPa
4. Dari hasil perhitungan struktur jembatan profil yang digunakan pada lantai jembatan didapatkan :
 - Profil gelagar memanjang : W 400.300.18.11
 - Profil gelagar melintang : W 1300.550.40.32
 - Profil gelagar melintang samping : BOX 1300.700.40
 - Profil ikatan angin lantai kendaraan : W 300.300.21.20
5. Kabel yang digunakan pada jembatan busur ini menggunakan kabel produksi MACALLOY 520 tipe M105 dengan diameter kabel 102 mm.

6. Dari hasil perhitungan struktur jembatan busur yang digunakan pada rangka busur didapatkan :
 - Profil Rangka Busur Atas : BOX 900.900.40
 - Profil Rangka Busur Bawah : BOX 1100.900.40
 - Profil Rangka Busur Vertikal : BOX 500.500.28
 - Profil Rangka Busur Diagonal : W 400.400.24.16
 - Profil Ikatan Angin Rangka Busur : BOX 400.400.20
 - Profil Ikatan Angin Silang Rangka Busur : W 300.300.21.20
 - Profil Rangka Busur Vertikal Akhir: BOX 1100.900.40
7. Dimensi Pile Cap bangunan bawah jembatan memiliki panjang 11.4 meter, lebar 20.4 meter dan ketebalan 2 meter. Sedangkan untuk dimenensi Pilar bangunan bawah jembatan memiliki panjang 5 meter, lebar 19 meter dan ketinggian 9 meter. Untuk mutu beton yang digunakan pada bangunan bawah adalah f'_c 35 MPa.
8. Pondasi struktur bangunan menggunakan tiang pancang PT. WIKA BETON dengan diameter 0.6 meter (Tipe A) dengan kedalaman maksimal 36 meter sesuai dengan penyelidikan tanah SPT (Standart Penetration Test) yang dilakukan dilapangan. Jumlah tiangnya sebnayak 66 buah dengan konfigurasi 6x11 buah.
9. Metode pelaksanaan yang digunakan adalah metode balanced cantilver dengan mengandalkan tarikan kabel yang dihubungkan ke temporary tower, dibantu juga dengan alat berat crane.

DAFTAR PUSTAKA

- ANSI, AISC. "AISC 360-16." *Chicago, Illionis* (2016).
- Nasional, Badan Standarisasi. "Standar Pembebanan Untuk Jembatan (SNI 1725: 2016)." *Badan Litbang Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia. Jakarta* (2016).
- Nasional, Badan Standarisasi. "SNI T-03-2005 Standar Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan." *Jakarta: Badan Standardisasi Nasional* (2005).
- Nasional, Badan Standarisasi. "RSNI T-12-2004 Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan." *Jakarta: Badan Standarisasi Nasional* (2004).
- Nasional, Badan Standardisasi. "SNI 2833 2016: Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan." *Jakarta: Badan Standarisasi Nasional* (2016).
- Hardiyatmo, Hary Cristady. "Analisis dan Perencanaan Fondasi II". Gajah Mada Press: Yogyakarta (2015).
- Pamungkas, Anugrah. "Desain Pondasi Tahan Gempa". Penerbit ANDI: Yogyakarta (2013).
- Setiawan, A. "Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD". Penerbit Erlangga: Jakarta (2008).
- Bina Marga, Direktorat Jenderal. "Petunjuk Lokasi Dan Standar Spesifikasi Bangunan Pengaman Tepi Jalan". Direktorat Pembinaan Jalan Kota: Jakarta (1990).

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Lampiran 1: Data Tanah Tol Porong Gempol

Lampiran 2: ANTEC Shear Connectors

Lampiran 3: Macalloy Tension Structure

Lampiran 4: WIKA PC Piles

PROFIL LAPISAN TANAH

TERKENDALI

B-8
Coordat
X=88934
Y=916885

B-1
Coordat
X=88913
Y=916833

B-2
Coordat
X=88775
Y=9168178

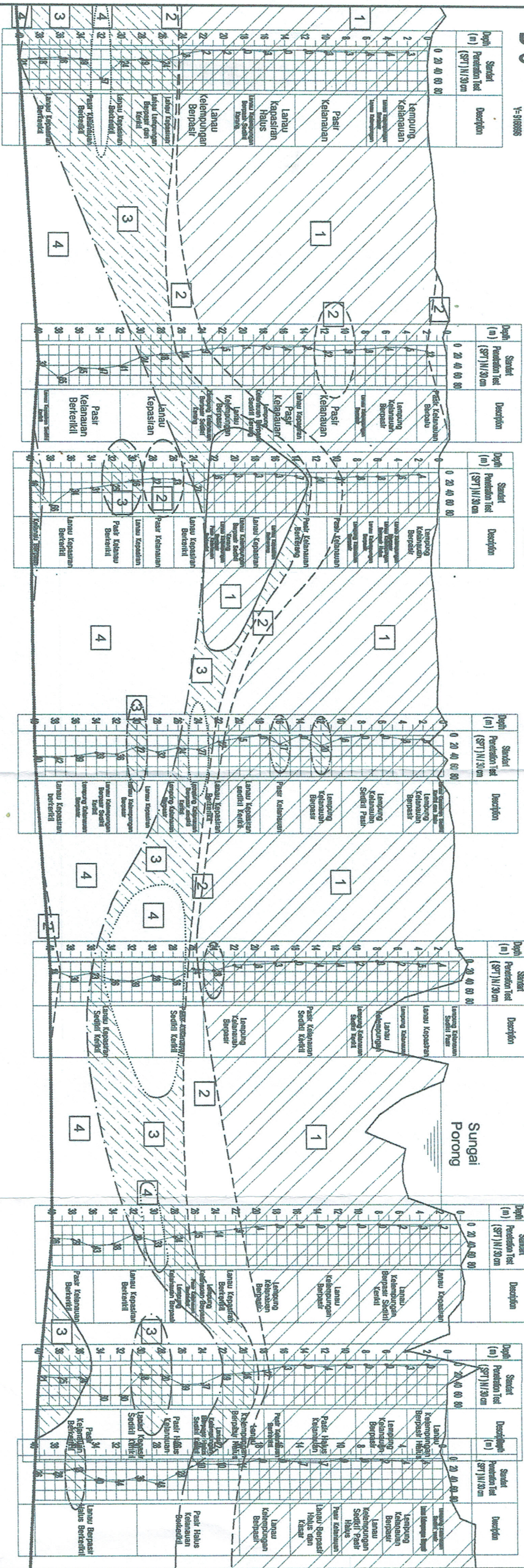
B-3
Coordat
X=88521
Y=916561

B-4
Coordat
X=88386
Y=916564

B-5
Coordat
X=88065
Y=916537

B-6
Coordat
X=88533
Y=916533

B-7
Coordat
X=88527
Y=916570



KETERANGAN

- Lanau pasir halus kelemungan very loose to loose N-SPT 0-8 Blows/Feet
- Lanau pasir halus kelemungan loose to medium N-SPT 9-15 Blows/Feet
- Lanau pasir halus kelemungan medium to stiff N-SPT 16-25 Blows/Feet
- Lanau pasir halus kelemungan stiff to very stiff N-SPT 26 > Blows/Feet

Status Gambar	1
Tanggal Terbit	Penerbitan Gambar
Tanggal Revisi	
Distribusi	
39+000	
39+100	
39+200	
39+300	
39+400	

PT. Viarna Karya (Persero)

VK



Shear Connectors

Antec Shear Connectors

There are a number of important factors that should be considered when purchasing Shear Connectors for composite support or bridge construction projects to ensure the greatest value for money and effectiveness.

- Have they been mechanically tested to AS1554.2
- Are there credible test reports available
- Are they stud base qualified to AS1554.2



If the answer is no to any of the above, then the products may be inferior and possibly non-compliant.

Antec's range of Shear Connectors are the only Shear Connectors in Australia that are fully stud base and mechanically tested by an Australian NATA testing authority to meet and exceed the AS1554.2 standard of compliance for Shear Connectors sold in Australia.

The unique "E" head marking on the Antec Shear Connector range provides users with a visual reference that offers peace of mind that the products are manufactured to stringent quality standards. Don't be fooled by inferior products offered at lower costs! Shear Connectors supplied from an unknown origin with little or no documentation to support materials, flux content, base designs and standards of compliance can result in significant, catastrophic consequences such as stud failures. Poor quality, inconsistent products may lead to safety issues and diminished building and construction integrity resulting in long term extensive repair costs, negating the original cost savings.

Antec has been manufacturing and distributing Shear Connectors in Australia for over 20 years and is dedicated to manufacturing and supplying the highest quality products to ensure the highest level of safety and reliability.

For more information on Antec's extensive range of Shear Connectors please contact us on 02 9622 9622 or visit www.antec.com.au.

Free call: 1300 55 34 73

Web: www.antec.com.au

Email: anteceng@antec.com.au

NSW (Head Office)
9 Chicago Avenue
Blacktown NSW 2148
P: +61 2 9622 9622
F: +61 2 9622 9199

VICTORIA
90 Turner Street
Port Melbourne VIC 3207
P: +61 3 8645 3222
F: +61 3 9646 7945

QUEENSLAND
5/429 Creek Road
Mt Gravatt QLD 4122
P: +61 7 3420 4099
F: +61 7 3420 4033

SOUTH AUSTRALIA
70 Grand Junction Road
Kilburn SA 5084
P: +61 8 8162 8700
F: +61 8 8162 8704

WESTERN AUSTRALIA
2/17 Baile Road
Canning Vale WA 6155
P: +61 8 6350 9600
F: +61 8 6350 9601

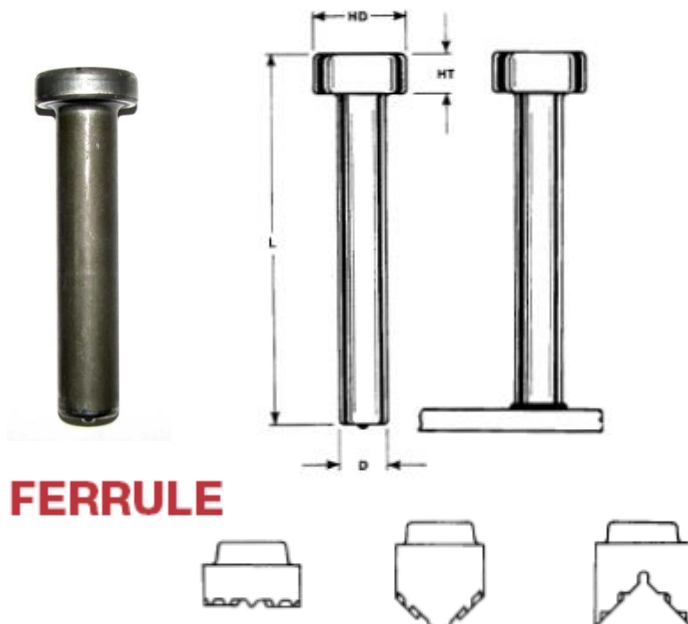
Shear Connectors

Headed Shear Connectors are used as an essential component in composite beam design and construction.

Shank Diameter (d)	Length (L) tolerance	Head Diameter tolerance	Minimum head height HT
19.0 +0.00 -0.38	±1.6	31.7 ± 0.4	9.5
22.2 +0.00 -0.38	±1.6	34.9 ± 0.4	9.5

Material	LOW CARBON STEEL AS1445 S1010 to S1020 Or K1010 to K1020		
Mechanical Properties	Tensile Yield Elongation Reduction of area	410MPa (min) 345MPa (min) 12% 50% (min)	

Shear Connectors		
Size	Part Number	Pack Size
13 X 50	ESC11-13-050	250
13 X 75	ESC11-13-075	150
13 X 100	ESC11-13-100	125
16 X 75	ESC11-16-075	125
16 X 100	ESC11-16-100	100
16 X 150	ESC11-16-150	75
19 X 75	ESC11-19-075	100
19 X 95	ESC11-19-095	75
19 X 100	ESC11-19-100	75
19 X 105	ESC11-19-105	75
19 X 115	ESC11-19-115	60
19 X 120	ESC11-19-120	60
19 X 127	ESC11-19-127	60
19 X 150	ESC11-19-150	50
19 X 178	ESC11-19-178	45
19 X 198	ESC11-19-198	40
22 X 100	ESC11-22-100	50
22 X 125	ESC11-22-125	50
22 X 150	ESC11-22-150	40
22 X 178	ESC11-22-178	40
22 X 198	ESC11-22-198	35



Note Ferrules are a component part of studs and not sold separately

Free call: 1300 55 34 73

Web: www.antec.com.au

Email: anteceng@antec.com.au

NSW (Head Office)
 9 Chicago Avenue
 Blacktown NSW 2148
 P: +61 2 9622 9622
 F: +61 2 9622 9199

VICTORIA
 90 Turner Street
 Port Melbourne VIC 3207
 P: +61 3 8645 3222
 F: +61 3 9646 7945

QUEENSLAND
 5/429 Creek Road
 Mt Gravatt QLD 4122
 P: +61 7 3420 4099
 F: +61 7 3420 4033

SOUTH AUSTRALIA
 70 Grand Junction Road
 Kilburn SA 5084
 P: +61 8 8162 8700
 F: +61 8 8162 8704

WESTERN AUSTRALIA
 2/17 Baile Road
 Canning Vale WA 6155
 P: +61 8 6350 9600
 F: +61 8 6350 9601



Macalloy Tension Structures

Macalloy Tension Rods

Macalloy Compression Struts

Macalloy Stainless Cables

Macalloy Connection Solutions

Macalloy Site Services



For Tension Rod System only



ETA 17/0849

EXPERIENCE

INNOVATION

QUALITY



With innovation at the heart of our company ethos, Macalloy has been developing new systems and technologies in Tensile Structures since the early 1980's. Macalloy is a proven market leader in the design, manufacture and supply of threaded bar systems. Macalloy has experience in liaising with world renowned specifiers and contractors for the development of some truly unique and pioneering structures.

Macalloy's Tension Structures range is 9001 accredited and is approved with European Technical Approval – ETA - 17/0849, providing the CE certification, alongside other globally recognised certifications i.e. FPC Certificate

- FPC Certificate - 0836 - CPR - 16/F354
- BSEN 1090 - 1:2009 - Execution Class 3 - 0836 - CPR - 17/F381
- ETA - 17/0849
- BSEN ISO 9001: 2008-1055

Certificates are available on request.



4	Tension Rods
8	Adjustable Compression Struts
9	Macalloy CHS Fork End
10	Stainless Cables
12	Connection Solutions
13	Component Dimensions
14	Gusset Plates
15	Fork Alignment & Site Services

Table 1 - Material Properties

Product name	Material	Minimum Yield Stress N/mm ²	Min. Breaking Stress N/mm ²	Min. Elongation %	Min. Charpy Impact Value J@ -20°C	Nominal Youngs Modulus kN/mm ²
Macalloy 460	Carbon Steel	460	610	19	27	205
Macalloy S460	Stainless Steel	460	610	15	27	205
Macalloy 520	Carbon Steel	520	690	19	27	205
Macalloy S520	Stainless Steel	520	690	15	27	205

Table 2 - Tendon Capacities for Carbon and Stainless Macalloy 460

Thread	Units	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100	M105
Nominal Bar Dia.	mm	10	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	87	97	102
Min. Yield Load	kN	25	36	69	108	156	249	364	501	660	912	1204	1756	2239	2533	3172	3520
Min. Break Load	kN	33	48	91	143	207	330	483	665	875	1209	1596	2329	2969	3358	4206	4667
Design Resistance to EC3 N _{R,d}	kN	24	35	66	103	149	238	348	479	630	870	1149	1677	2138	2418	3029	3360
Nominal Bar Weight	(kg/m)	0.5	0.75	1.4	2.2	3.0	4.8	7.1	9.4	12.5	16.7	22.2	32	41.5	46.7	58	64.1

Table 3 - Tendon Capacities for Carbon and Stainless Macalloy 520

Thread	Units	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100	M105
Nominal Bar Dia.	mm	10	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	87	97	102
Min. Yield Load	kN	28	41	77	122	176	284	411	566	746	1030	1360	1985	2531	2862	3585	3979
Min. Break Load	kN	35	52	98	155	223	360	522	719	946	1308	1727	2520	3212	3633	4551	5279
Design Resistance to EC3 N _{R,d}	kN	26	38	71	112	161	257	376	518	682	942	1244	1814	2313	2616	3277	3801
Nominal Bar Weight	(kg/m)	0.5	0.75	1.4	2.2	3	4.8	7.1	9.4	12.5	16.7	22.2	32	41.5	46.7	58	64.1

M85 to M105 in stainless is not covered by an ETA but is available by special request.

Table 4 - Maximum Length of Individual Bar Lengths

Diameter	Stainless Steel	Carbon	Galvanised
M10 - M16	6.0m	11.8m	6.0m
M20 - M30	6.0m	11.8m	8.0m
M36 - M105	6.0m	11.8m	11.8m

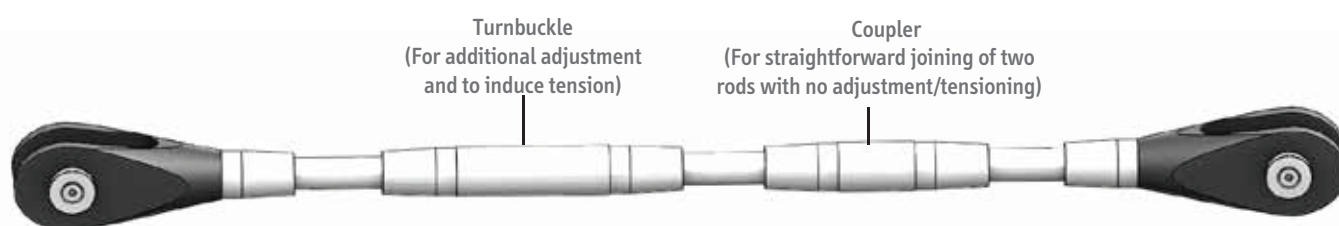
Longer lengths can be supplied as made to order if required

M105 Carbon is not covered by an ETA

Corrosion Protection

Carbon steel tension bars can be supplied primed ready for an appropriate paint covering or galvanised. Galvanising can be applied prior to, or after, bar threading as required. Please note that all standard carbon Macalloy fittings (forks, pins and lockcovers etc.) are provided with a hot dipped galvanised coating in accordance with BS EN 1461: 2009

Final Assembly Example



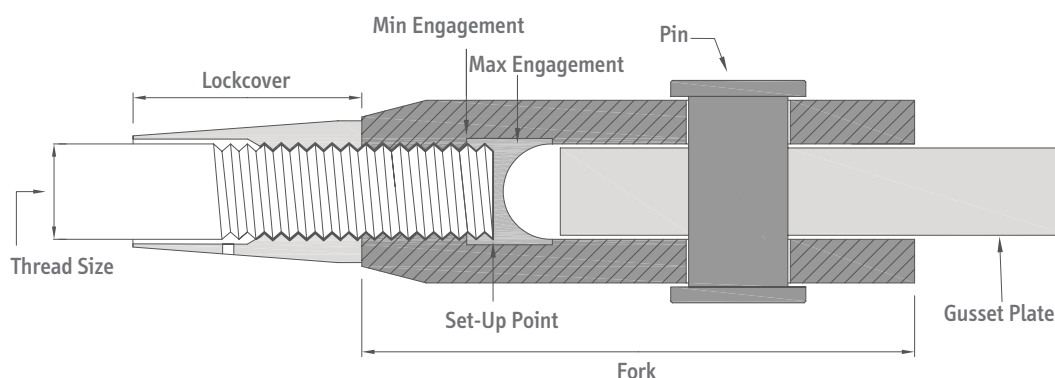
Fork Adjustment and Set Up Points

Fork Adjustment – M10 to M56: $\pm 1/2$ thread diameter in each fork end.

Fork Adjustment – M64 to M105: ± 25 mm in each fork end.

Set-Up Point – M10 to M56: $1 \frac{1}{2}$ x thread diameter in each fork end.

Set-Up Point – M64 to M105: 1 x thread diameter plus 25mm in each fork end.



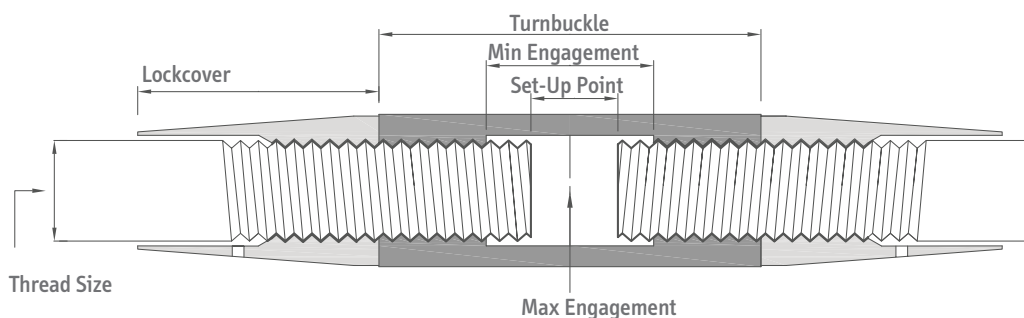
Turnbuckle Adjustment and Set Up Points

Turnbuckle Adjustment – M10 to M24: ± 25 mm.

Turnbuckle Adjustment – M30 to M105: ± 50 mm.

Set-Up Point – M10 to M24: 1 x thread diameter + 12.5mm in each end of the turnbuckle.

Set-Up Point – M30 to M105: 1 x thread diameter + 25mm in each end of the turnbuckle.



Renault Building, Swindon, UK
 Architect – Foster Associates
 Contractor – Tubeworkers
 Engineer – Arup

Assembly and Installation

For both pre-assembled and non-assembled tendons please follow the assembly and installation instructions to ensure correct set up points and thread engagement.

- 1 Note the thread direction of each bar end.



- 2 Screw tapered lockcovers on to the bar as far as thread allows with taper pointing away from fork, coupler or turnbuckle. Ensure correct lockcover is used for fork or turnbuckle.



- 3 Screw forks, turnbuckles and couplers on to bars noting set up points on page 5. Couplers should be fully engaged.

- 4 Position bar in place and secure with pins.



- 5 Where no turnbuckle is used, turn the bar to induce the load/adjustment required.

- 6 Where a turnbuckle is used turn the turnbuckle to induce the load/adjustment required.

- 7 Screw lockcovers back against forks/couplers and turnbuckles.



- 8 Seal as per fork and lock diagram on page 7.

- 9 Assembly and installation is complete.

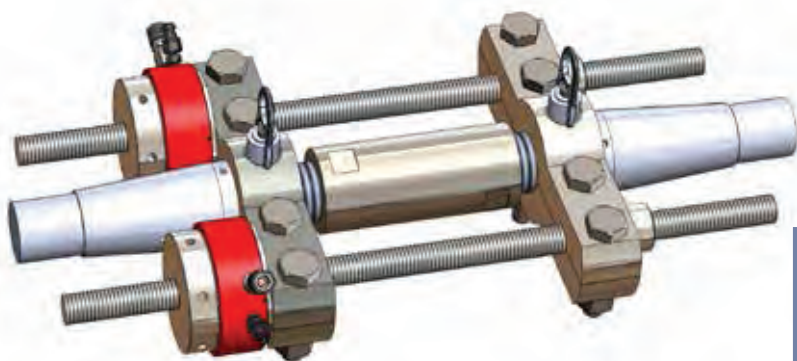
To ensure full strength of threaded joints a minimum of 1 x thread diameter should be engaged in fork/turnbuckle joints.

Where large loads need to be induced in a tension bar the Macalloy TechnoTensioner can be used. See page 7 for more information.

Spanner flats available on request on bars and turnbuckles, please specify at time of order.

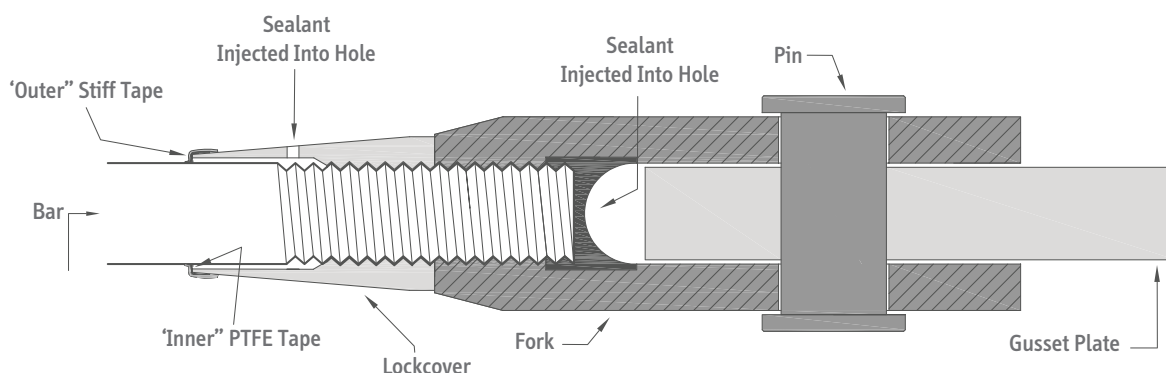
TechnoTensioner

The Macalloy TechnoTensioner allows you to induce an accurate load into Macalloy tendons where a turnbuckle is used. The Macalloy TechnoTensioner works by gripping the tension bar on either side of the turnbuckle and pulling the bars together into tension thus loosening the turnbuckle. The turnbuckle can then be tightened with a strap, chain or stilson wrench.



Fork and Lock Cover Sealing

Recommended for use with all finishes to protect against vibration and corrosion. The same method should be applied whether used with a fork, coupler or turnbuckle.



Fork and Lockcover sealing method statements are available on request. If no lock cover is used, contact Macalloy for sealing methods.

Table 5: Capacity and Lengths of Architectural and Standard Compression Struts

System Ref		M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100
Maximum compressive capacity to EN1993	kN	14.0	28.1	44.7	69.3	121.6	189.6	274.0	369.7	530.0	728.7	1063.9	1395.3	1588.6	2031.3
Maximum pin to pin length on EN1993 standard*	mm	2369	2663	2671	3105	3357	3367	4498	6397	7097	7420	8188	9323	10291	11679
Carbon CHS OD	mm	33.7	42.4	48.3	60.3	76.1	88.9	114.3	139.7	168.3	193.7	219.1	244.5	273	323.9
Carbon CHS Wall Thickness	mm	4	5	5	5	5	5	6.3	10	10	10	12.5	16	16	16
Stainless CHS OD	mm	33.40	42.16	48.30	60.33	73.03				Contact Macalloy for details					
Stainless CHS Wall thickness	mm	4.50	4.85	5.08	5.08	5.16				Contact Macalloy for details					

*Maximum lengths are based on carbon steel strut taking compressive capacity. For lower compressive loads longer lengths can be used.

Alternative wall thicknesses are available. Contact Macalloy for details regarding maximum length of stainless steel struts.

Compression Strut Examples

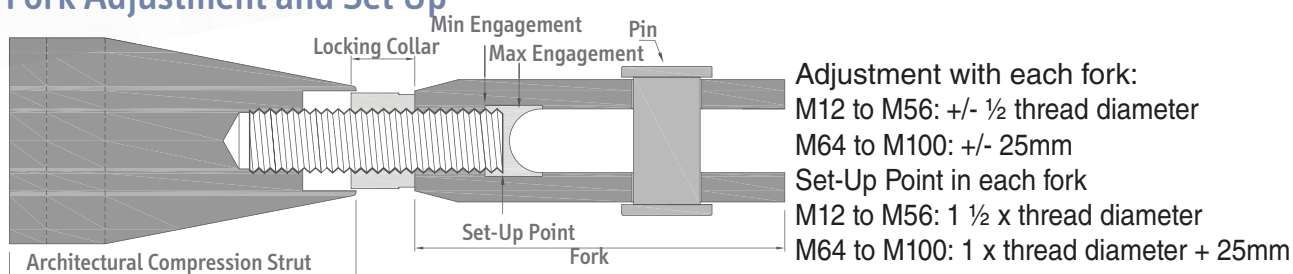


Architectural Compression Strut



Standard Compression Strut

Fork Adjustment and Set Up



Corrosion Protection

Compression Struts can be supplied galvanised, or in stainless steel.

Assembly and Installation

- 1 Remove pins using an allen key, position the strut in place and secure with pins, tightening using an allen key.



- 2 Screw the locking collar in to the strut so only a small part of the locking collar is left visible, then turn the strut to the required position.



- 3 Screw the locking collar back against the fork. All the thread should be covered. The forks should be sealed as per the diagram on page 7.



Table 6: Capacity of Macalloy CHS Fork Ends

Macalloy Product Ref		Units	CSF 12	CSF 16	CSF 20	CSF 24	CSF 30	CSF 36	CSF 42	CSF 48	CSF 56	CSF 64	CSF 76	CSF 85	CSF 90	CSF 100
CHS Size to fit	Outer Diameter	mm	33.7	42.4	48.3	60.3	76.1	88.9	114.3	139.7	168.3	193.7	219.1	244.5	273	323.9
	Wall thickness	mm	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	6.3	10.0	10.0	10.0	12.5	16.0	16.0	16.0
Compressive Capacity to EN 1993		kn	52	99	122	174	272	374	534	735	1048	1437	2127	2723	3110	3686
Equivalent Macalloy Fork Size			M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100
Gusset Plate Thickness		mm	10	12	15	20	22	30	35	40	45	55	70	70	80	85
Weight		kg	0.25	0.51	1.0	1.4	2.4	3.7	6.2	10.8	15.8	20.5	40.3	59.3	74.0	100.0

Macalloy CHS Fork End



Corrosion Protection

Can be galvanised and or painted and supplied in stainless steel to special order.

Assembly and Installation

- 1 Insert Macalloy CHS Fork End into CHS / tube, ensuring it is fully inserted and that the forks are perpendicular to each other.



- 2 Weld directly to CHS with full penetration butt weld and clean weld as required (ensuring forks are perpendicular to each other)



- 3 Position complete strut in place and secure using pins.



Architectural pins can be supplied by Macalloy. Please refer to table number 12 on page 13 for further information.

Table 7: Macalloy CHS Fork End Dimensions

System Ref	Product Ref.	Units	CSF 12	CSF 16	CSF 20	CSF 24	CSF 30	CSF 36	CSF 42	CSF 48	CSF 56	CSF 64	CSF 76	CSF 85	CSF 90	CSF 100
Fixed End Compression Strut fork	A	mm	75	95	109	130	161	185	218	255	303	340	398	462	495	574
	G (min.)	mm	13	16	20	25	30	35	40	45	49.5	59.5	76	76	86	91
	C Dia.	mm	33.7	42.4	48.3	60.3	76.1	88.9	114.3	139.7	168.3	193.7	219.1	244.5	273	323.9
	D Dia.	mm	13	17	21.5	25.5	31.5	37.5	43.5	49.5	57.5	65.5	78.5	91.5	96.5	111.5
	E	mm	22	29	34	42	52	61	70	81	97	111	132	153	162	189
	Y	mm	22	28	37	44	53	64	75	87	97.5	115.5	146	153	169	174
	H	mm	34	45	53	64	81	93	109	123	147	169	201	236	248	289

Table 8: Minimum Break Loads for Stainless Cables

Cable Dia.	mm	4	6	8	10	12	14	16	19	22	26
Macalloy Fork Size		M10	M10	M12	M16	M20	M24	M24	M30	M30	M36
7 x 19 Strand	kN	8.9	20.0	35.6	55.6	80.0	109.0	143.1	-	-	-
1 x 19 Strand	kN	12.6	28.2	45.5	71.1	102.0	139.0	182.0*	212.0*	285.0*	398.0*
Compact Strand	kN	17.4	34.8	60.3	95.0	141.2	189.2	251.0	-	-	-

7 x 19 Strand		Most Flexible	Lowest Break Load	
1 x 19 Strand		Rigid Cable	High Break Load	Low Stretch Characteristics
Compact Strand		Most Rigid	Low Stretch	Highest Tensile Strength

Stainless steel cable will begin to distort at around 50% of its breaking load. For this reason it is recommended to apply a factor of safety of 2 and not to load the cables to more than 50% of their breaking loads.

*1 x 37 or 1 x 61 may also be offered.

SC460 Cable Systems - SC460 Swaged Adjustable Fork



SC460 Cable Systems - SC460 Swaged Fork / Tensioner

Assembly and Installation

- 1 Remove pins using supplied allen key and screw lockcovers away from tensioners as far as the thread will allow.



- 2 Position cable in place and secure with pins, tightening with supplied allen key. For Swaged fork tensioning use open ended spanner on each adjuster and simultaneously turn each one to induce load / adjustment.



- 3 Swaged Tensioner and Inline Tensioner Adjustment – Turn tensioner using open ended spanner until correct level of adjustment tension is achieved. Then screw lockcovers back against the tensioners.



Where large loads need to be induced in a cable, a version of the Macalloy TechnoTensioner can be used. Refer to page 7 for further information.

Cable stretch

Cables undergo an initial, permanent stretch. This can be between 0.10% and 0.75% dependant on the loading and type of cable. Further elastic stretch will then be proportional to the load applied and cable used. Elastic stretch can be calculated using the following formula:

$$d = \frac{\text{Load (kN)} \times \text{Length (mm)}}{E \text{ (kN/mm}^2\text{)} \times \text{Cross Sectional Area (mm}^2\text{)}}$$

Where E =	
7 x 19 Strand	85 kN/mm ²
1 x 19 Strand	107 kN/mm ²
Compact Strand	133 kN/mm ²

All cables are supplied non pre-stretched, if pre-stretched cables are required please request at time of the enquiry or order.

Fork Adjustments

Table 9: Adjustable Swaged Fork Adjustment

Cable Dia.	units	4	6	8	10	12	14	16	19	22	26	28
Fork Adjustment '+'	mm	9	14	16	21	24	30	30	38	38	45	45
Fork Adjustment '-'	mm	18	16	32	43	48	62	62	76	76	90	90
Set-Up Point	mm	18	28	32	42	48	60	60	76	76	90	90

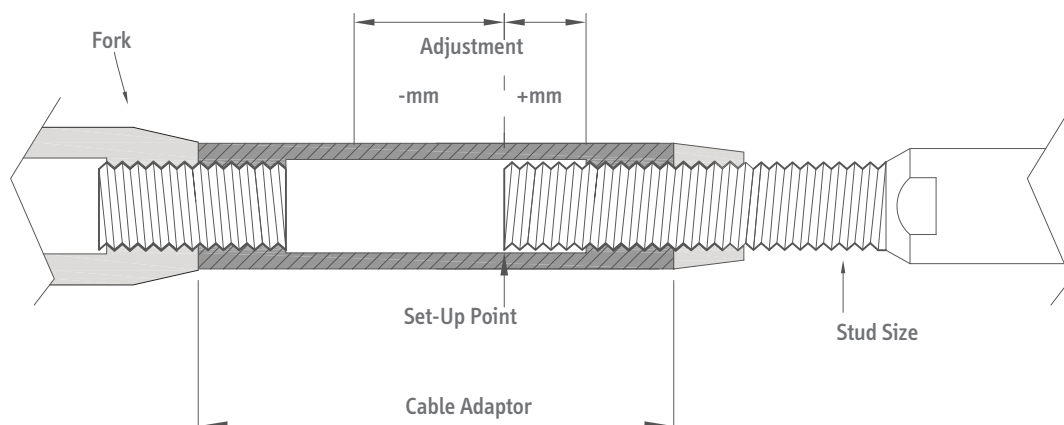
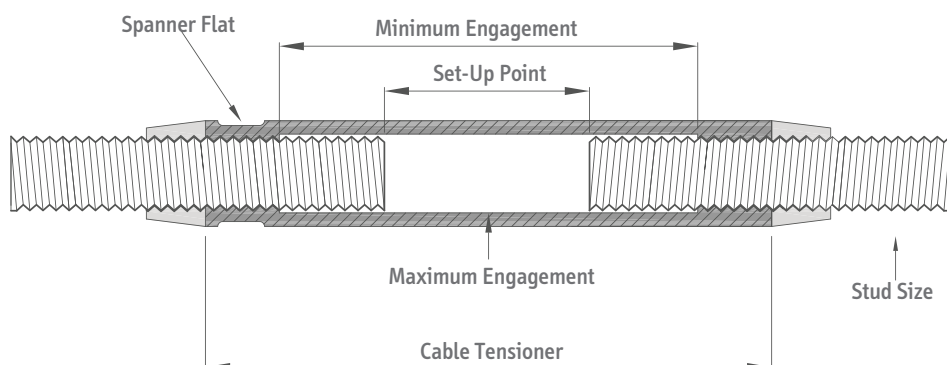


Table 10: Swaged Tensioner and Inline Tensioner Adjustment

Cable Dia.	units	4	6	8	10	12	14	16	19	22	26	28
Swaged Tensioner '+/-'	mm	43	43	58	73	87	106	126	135	164	164	164
Set-Up Point	mm	28	28	32	42	50	70	70	91	91	94	94





Disc Connection



Cross Coupler



Turnbuckle with
Fin Plate

Table 11 – Disc Connection

Connection Disc	D/10	D/12	D/16	D/20	D/24	D/30	D/36	D/42	D/48	D/56
System Size	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56
ØD	130	164	218	248	294.8	386	444	502	572	694
ØI	96	120	160	180	210	280	320	360	410	500
T	10	10	12	15	20	22	30	35	40	45
ØP	11.5	13	17	21.5	25.5	31.5	37.5	43.5	49.5	57.5
ØH (optional)	50	70	90	105	115	160	185	205	235	290

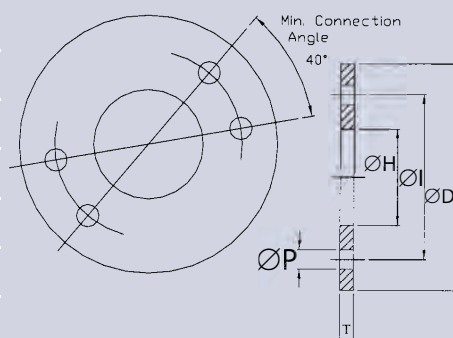


Table 12 – Cross Coupler

Cross-Coupler	CC10	CC12	CC16	CC20	CC24	CC30	CC36	CC42	CC48	CC56	CC64
System Size	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64
A	73	82	105	128	148	183	217	249	283	328	376
B	47	52	67	82	94	117	139	159	181	210	242
C	12	14	18	22	26	32	38	44	50	58	66
ØD	19	25	29	35	43	52	62	72	82	96	110
Lock Cover	LCC10	LCC12	LCC16	LCC20	LCC24	LCC30	LCC36	LCC42	LCC48	LCC56	LCC64
System Size	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64
E	29	31	37	43	74	105	111	117	123	136	144
ØF	18.5	24	28	34	42	51	61	71	81	95	109

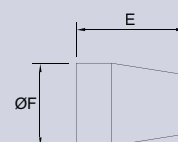
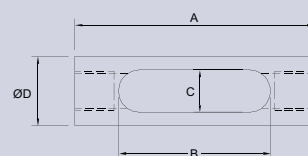
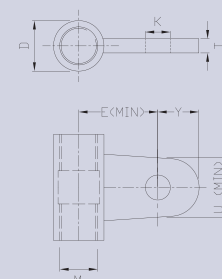


Table 13 – Turnbuckle with Fin Plate

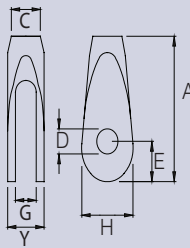
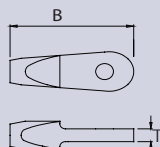
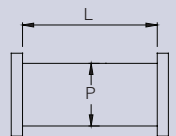
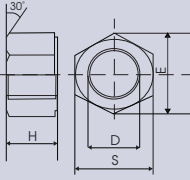
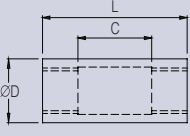
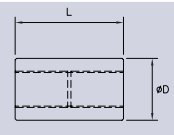
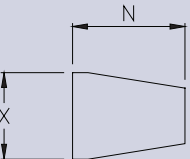
Thread M	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100
Y (mm)	18	22	30	37	43	56	64	74	84	101	112	132	160	166	196
U (min) (mm)	28	34	48	60	68	90	103	118	135	163	180	211	259	266	317
E (min) (mm)	28	32	39	44	52	63	71	80	91	107	121	142	163	172	198
D (mm)	17	20	26	32	38	47	56	66	75	87	99	119	135	143	160
K (mm)	11.5	13	17	21.4	25.5	31.5	37.5	43.5	49.5	57.5	65.5	78.5	91.5	96.5	111.5
T (mm)	10	10	12	15	20	22	30	35	40	45	55	70	70	80	85



Bespoke connection

Bespoke connection pieces including personalisation are also available. Please contact Macalloy for further details.

Table 14 – Component Dimensions

Thread	Units	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100	
Fork Ref.		FA/10	FA/12	FA/16	FA/20	FA/24	FA/30	FA/36	FA/42	FA/48	FA/56	FA/64	FA/76	FA/85	FA/90	FA/100	
A	mm	63.0	75.0	99.0	122.0	148.0	178.0	204.0	232.0	266.0	314.0	348.0	410.0	459.0	489.0	555.0	
G	mm	11.0	12.0	15.0	19.0	24.0	26.0	34.0	39.0	44.0	49.0	59.0	76.0	78.0	86.0	91.0	
C	mm	17.0	19.0	25.0	29.0	35.0	44.0	52.0	60.0	69.0	80.0	91.0	108.0	121.0	129.0	143.0	
D	mm	11.5	13.0	17.0	21.4	25.5	31.5	37.5	43.5	49.5	57.5	65.5	78.5	91.5	96.5	111.5	
E	mm	18.0	22.0	29.0	34.0	42.0	53.0	61.0	70.0	81.0	97.0	111.0	132.0	153.0	162.0	188.0	
Y	mm	20.0	22.0	28.0	37.0	44.0	50.0	64.0	75.0	87.0	97.0	115.0	146.0	154.0	169.0	174.0	
H	mm	30.0	34.0	45.0	53.0	64.0	81.0	93.0	109.0	123.0	147.0	169.0	201.0	236.0	248.0	289.0	
Spade ref.		SA/10	SA/12	SA/16	SA/20	SA/24	SA/30	SA/36	SA/42	SA/48	SA/56	SA/64	SA/76	SA/85	SA/90	SA/100	
B	mm	78.0	92.0	118.0	147.0	174.0	213.0	249.0	284.0	321.0	364.0	408.0	471.0	524.0	555.0	625.0	
T	mm	8.0	9.0	12.0	15.0	20.0	22.0	30.0	35.0	40.0	45.0	55.0	70.0	72.0	80.0	85.0	
Architectural Pin Ref.		PA/10	PA/12	PA/16	PA/20	PA/24	PA/30	PA/36	PA/42	PA/48	PA/56	PA/64	PA/76	PA/85	PA/90	PA/100	
P Dia.	mm	10.5	12.0	16.0	20.0	24.0	29.0	35.0	41.0	47.0	55.0	63.0	76.0	89.0	93.0	108.0	
L	mm	22.0	24.0	30.0	39.0	46.0	52.0	66.0	78.0	91.0	100.0	120.0	151.0	155.0	175.0	180.0	
Hex Nuts Units		M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100	
E	mm	18.9	21.9	26.75	32.95	39.55	50.85	60.79	71.3	82.6	95.07	106.37	123.32	133.11	145.77	162.72	
H	mm	8.0	10.0	13.0	16.0	19.0	24.0	29.0	34.0	38.0	45.0	51.0	61.0	68.0	72.0	80.0	
S	mm	17.0	19.0	24.0	30.0	36.0	46.0	55.0	65.0	75.0	85.0	95.0	110.0	120.0	130.0	145.0	
Pitch		1.5	1.75	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	
Turnbuckle Ref.		TA/10	TA/12	TA/16	TA/20	TA/24	TA/30	TA/36	TA/42	TA/48	TA/56	TA/64	TA/76	TA/85	TA/90	TA/100	
ØD	mm	17.0	19.0	25.0	29.0	35.0	43.0	52.0	60.0	68.0	80.0	91.0	108.0	121.0	129.0	143.0	
C	mm	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
L	mm	74.0	78.0	86.0	90.0	98.0	160.0	172.0	184.0	196.0	212.0	228.0	252.0	270.0	280.0	300.0	
Coupler Ref.		CA/10	CA/12	CA/16	CA/20	CA/24	CA/30	CA/36	CA/42	CA/48	CA/56	CA/64	CA/76	CA/85	CA/90	CA/100	
ØD	mm	17.0	19.0	25.0	29.0	35.0	43.0	52.0	60.0	68.0	80.0	91.0	108.0	121.0	129.0	143.0	
L	mm	25.0	29.0	37.0	45.0	53.0	65.0	77.0	89.0	101.0	117.0	133.0	157.0	175.0	185.0	205.0	
Fork & Coupler Lockcovers		LCF/10	LCF/12	LCF/16	LCF/20	LC/24	LC/30	LC/36	LC/42	LC/48	LC/56	LC/64	LC/76	LC/85	LC/90	LC/100	
X Dia.	mm	16.5	18.5	24	28	34	42	51	59	67	79	90	107	120	128	142	
N	mm	29	31	37	43	74	105	111	117	123	136	144	156	165	170	180	
Universal Lockcovers		LCT/10	LCT/12	LCT/16	LCT/20	LCT/24	LCT/30	LCT/36	LCT/42	LCT/48	LCT/56	LCT/64	LCT/76	LCT/85	LCT/90	LCT/100	
X Dia.	mm	16.5	18.5	24.0	28.0	34	42	51	59	67	79	90	107	120	128	142	
N	mm	44.0	44.0	46.0	48.0	92	126	134	145	153	169	179	191	200	205	215	

Lock covers for use with TechnoTensioner have a small groove that runs around the body to identify them.
Unless requested, standard non-TechnoTensioner lock covers will be quoted and supplied.

Please note that all standard Macalloy fittings (forks, pins and lockcovers) are provided with a hot dipped galvanised coating in accordance with BS EN 1461: 2009

Gusset plates should be manufactured from material with a minimum strength of S355 JR to BS EN 10025 with the critical dimensions around the pin hole as per the tables below, noting the use of isolation when carbon gusset plates are used with stainless tendons.

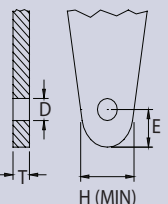
Table 15 - Macalloy Standard Gusset Plate Dimensions

		M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90	M100
T (Thickness)	mm	10	10	12	15	20	22	30	35	40	45	55	70	70	80	85
D	mm	11.5	13	17	21.5	25.5	31.5	37.5	43.5	49.5	57.5	65.5	78.5	91.5	96.5	111.5
E	mm	18	22	30	37	43	56	64	74	84	101	112	132	160	166	196
H (min.)	mm	28	34	48	60	68	90	103	118	135	163	180	211	259	266	317



Table 16 - Macalloy Gusset Plate Dimensions when used with isolation

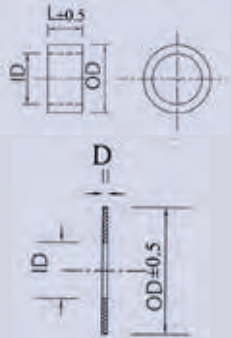
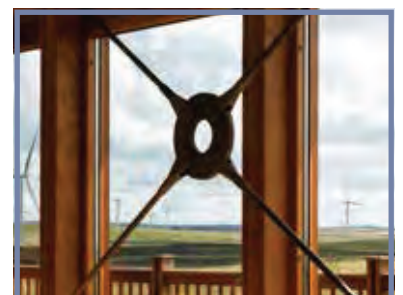
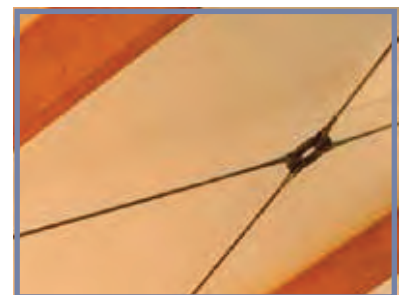
		M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76
T (Thickness)	mm	8	9	12	15	20	22	30	35	40	45	55	70
D	mm	15.5	17.0	21.0	25.5	30.0	36.0	42.0	48.0	55.5	63.5	72.5	85.5
E	mm	21	24	31	37	45	56	64	74	85	100	115	136
H (min)	mm	34	38	49	58	69	89	108	117	136	160	179	210



The above dimensions should be used when connecting stainless forks to a carbon steel connection plate. This then allows space for isolation sleeves and washers. If connecting to a stainless connection plate where no isolation is required, please use dimensions in table 13.

Table 17 – Isolation Dimensions for Macalloy S460

		M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76
Isolation Sleeve		IS10	IS12	IS16	IS20	IS24	IS30	IS36	IS42	IS48	IS56	IS64	IS71
Length	mm	9	10	13	16	21	23	31	36	41	46	55	71
ID	mm	11.5	13.0	17.0	21.0	25.0	31.0	37.0	43.0	49.0	57.0	64.5	77.5
OD	mm	14.5	16.0	20.0	24.5	29.0	35.0	41.0	47.0	54.0	62.0	71.0	84.0
Isolation Washer	mm	IW10	IW12	IW16	IW20	IW24	IW30	IW36	IW42	IW48	IW56	IW64	IW76
D	mm	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
OD	mm	26	30	41	46	57	74	83	98	110	135	155	190

Whitelee Wind Farm,
Eaglesham Moor, UK
Architect – Hypostyle
Contractor – Morrison Construction

Fork / Gusset Plate Misalignment



Forks should be kept in plane and perpendicular to each other on all Macalloy Tension Structure Systems.



Use of horizontal gusset plates should be avoided to prevent loads in gusset plates due to bar weight.

Max = 0.5°



Standard Arrangement

Max = 5.90°



Additional misalignment with spherical bearing

The standard Macalloy fork allows for misalignment between gusset plates of up to 0.5 degrees. Where greater adjustment is required or there is potential movement exceeding 0.5 degrees, larger forks can be put on the bar or strut and a spherical bearing can be inserted providing up to 5.9 degrees of misalignment / movement.

Macalloy Site Services

Equipment Hire – Macalloy Site services can provide a range of equipment to assist with the installation of tension bars including hydraulic jacks, Macalloy TechnoTensioner, strap and chain wrenches and strain gauges.

Site support – Macalloy site services personnel can provide on site support in the form of undertaking stressing, training local personnel and providing supervision.

Bespoke Systems

Macalloy can supply a range of special items, including but not limited to:

- Higher strength tension bar – up to 690 N/mm² minimum yield strength
- Larger diameter tension bars
- Bespoke cast and fabricated connection pieces
- Spade Connections
- Oversized forks or spades on smaller diameter bars, cables or struts

Engineering Support

Macalloy engineering team can provide support and advice on a range of issues including fire protection, thermal expansion, installation and stressing and managing misalignment and movement.

Sky Walk, Czech Republic

Designer and main supplier Taros Nova

architect: Fránek architects

photo: Jakub skokan, Martin Tůma / BoysPlayNice



Mbombela Stadium,

Nelspruit South Africa

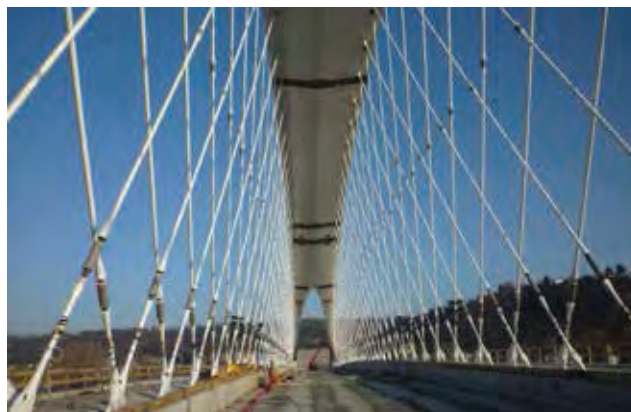
Client - Mbombela Local Municipality

Structural Engineer - Mott MacDonald

Troja Bridge, Czech Republic

Steel Work Designer - Excon Steel

Main Contractor - Metrostav



This publication provides the technical details currently used by Macalloy in the manufacture of its components.

The company reserves the right to amend technical details as and where necessary in line with its policy of continuous development.

Macalloy

Macalloy, Caxton Way, Dinnington

Sheffield S25 3QE, U.K.

+44 (0)1909 519200.

www.macalloy.com

sales@macalloy.com

technical@macalloy.com

siteservices@macalloy.com



PC PILES

DESCRIPTION

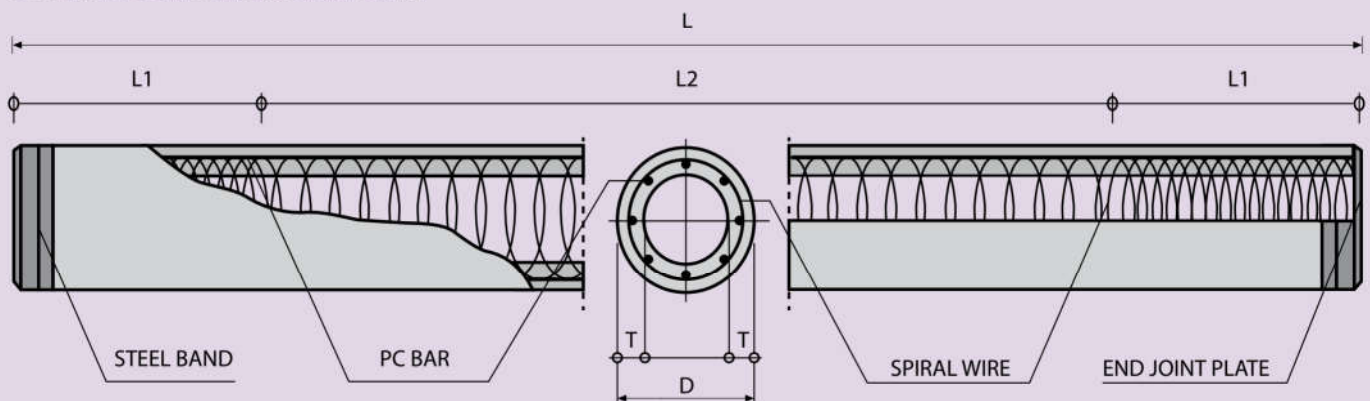
Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile)

DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R - 00 SNI 03 -2847 - 2002	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

SPUN PILE WITH TEKCON TECHNOLOGIES, WIKALCLT STANDARD

UPPER / MIDDLE PILE (DOUBLE JOINT)



Outer Diameter of Piles D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Spiral Wire Diameter (mm)	Pitch		Length of Pitch	
			Zone L1 (mm)	Zone L2 (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)
300	60	3.2	50	100	900	L - 2 (L1)
350	70	3.2	50	100	1050	L - 2 (L1)
400	75	3.2	50	100	1200	L - 2 (L1)
450	80	4.0	50	100	1350	L - 2 (L1)
500	90	4.0	50	100	1500	L - 2 (L1)
600	100	4.0	50	100	1800	L - 2 (L1)

PRE-TENSIONED SPUN CONCRETE PILES SPECIFICATION

Structural Properties

Outer Diameter (mm)	ConcreteWall Thickness (mm)	Class	PC. Bar			Concrete Sectional Area (cm ²)	Concrete Moment Inertia (cm ⁴)	Effective Prestress (kg/cm ²)	Allowable Axial Load (ton)		Bending Moment		Nominal Weight (kg/m)
			Diameter (mm)	Number (mm)	Sectional Area (cm ²)				BS.8004-1986 ACI 543-1979		Cracking (t.m)	Ultimate (t.m)	
300	60	A	7.4	6	2.40	452	35472	47.03	64	73	2.7	3.5	118
350	70	A	7.4	8	3.20	616	65683	46.15	87	99	4.3	5.5	161
400	75	A	7.4	10	4.00	766	109130	46.37	108	123	6.2	7.9	200
		B	9.2	12	7.68	766	111559	82.55	101	118	8.4	15.1	200
450	80	A	9.2	8	5.12	930	170951	48.65	131	149	8.8	11.4	242
		B	9.2	16	10.24	930	175332	89.27	121	141	12.2	22.7	242
500	90	A	9.2	10	6.40	1159	262048	48.77	163	186	12.2	15.8	302
		B	9.2	18	11.52	1159	267428	81.91	154	178	16.0	28.4	302
600	100	A	9.2	12	7.68	1571	522509	43.63	223	253	19.3	22.7	409
		B	9.2	24	15.36	1571	534509	80.79	209	242	26.4	45.4	409

- Note : 1) TEKCON PC Piles are manufacture in compliance with JIS A 5335-1987 Pretensioned Spun Concrete Piles and generally conforming to other specification (ACI 543-1979 & BS.8004-1986 / BS.8110-1985) (ACI 543-1979)
- 2) PC Bar and Spiral Wires comply with JIS G 3137 -1994 and BS.4482 respectively
- 3) Allowable Axial Load is applicable for pile acting as a short strut. Calculation is based on BS.8004-1986 Foundation & ACI 543-1979
- 4) Minimum compressive strength of concrete at age 28 days shall be 60 N/mm²
- 5) Standard piles length is 6 M, 9 M, 10 M and 12 M
- 6) Modification of the properties can be made upon orders
- 7) We have a right to modify our manufacturing specification without any prior notice

PRE-TENSIONED SPUN HIGH STRENGTH CONCRETE PILES SPECIFICATION

Grade 80 Piles

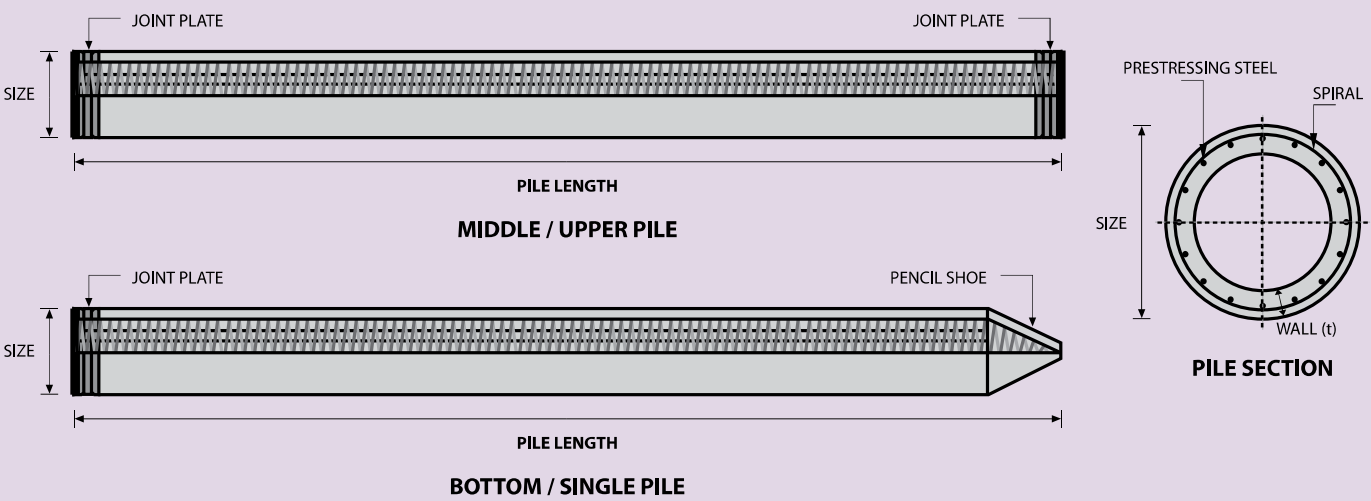
Outer Diameter (mm)	ConcreteWall Thickness (mm)	Class	PC. Bar			Concrete Sectional Area (cm²)	Concrete Moment Inertia (cm⁴)	Effective Prestress (kg/cm²)	Allowable Axial Load (ton)	Bending Moment		Nominal Weight (kg/m)
			Diameter (mm)	Number (mm)	Sectional Area (cm²)					Cracking (t.m)	Ultimate (t.m)	
									ACI 543-1979			
300	60	A	7.1	6	2.37	452	35416	49.59	102	2.88	3.16	118
350	70	A	7.1	8	3.17	616	65533	48.71	139	4.54	6.75	161
400	75	A	7.1	10	3.96	766	108803	48.97	173	6.61	9.73	200
		B	9	12	7.63	766	111001	87.45	165	8.88	13.51	200
450	80	A	9	8	5.09	930	170556	51.59	209	9.41	10.13	242
		B	9	16	10.17	930	174626	94.54	198	12.97	20.27	242
		C	9	20	12.72	930	176660	112.77	194	14.55	25.34	242
500	90	A	9	10	6.36	1159	261750	51.78	261	13.02	14.08	302
		B	9	18	11.45	1159	266994	86.95	250	17.04	25.34	302
		C	9	24	15.26	1159	270927	109.67	243	19.75	33.78	302
600	100	A	9	12	7.63	1571	522308	44.38	356	20.36	29.87	409
		B	9	24	15.26	1571	534365	82.21	340	27.57	48.61	409
		C	9	32	20.35	1571	542404	103.80	331	31.89	55.53	409

- Note : 1) TEKCON PC Piles are manufacture in compliance with JIS A 5335-1987 Pretensioned Spun Concrete Piles and generally conforming to other specification (ACI 543-1979)
- 2) PC Bar and Spiral Wires comply with JIS G 3137 -1994 and BS.4482 respectively
- 3) Allowable Axial Load is applicable for pile acting as a short strut. Calculation is based on ACI 543-1979
- 4) Minimum compressive strength of concrete at age 28 days shall be 80 N/mm²
- 5) Standard piles length is 6 M, 9 M, 10 M and 12 M
- 6) Modification of the properties can be made upon orders
- 7) We have a right to modify our manufacturing specification without any prior notice

MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 15 - 2049 - 2004	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 03 - 2834 - 1993 SNI 03 - 2493 - 1991	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 07 - 2052 - 2002	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BjTS 40 (Deformed) Steel Class : BjTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2000	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm2) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm^2)	Section Inertia (cm^4)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack *	Break			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

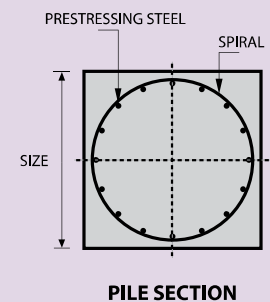
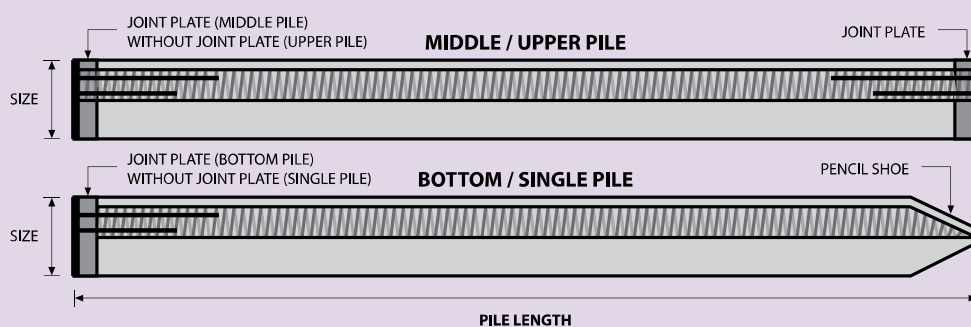
Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

**) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

***) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES



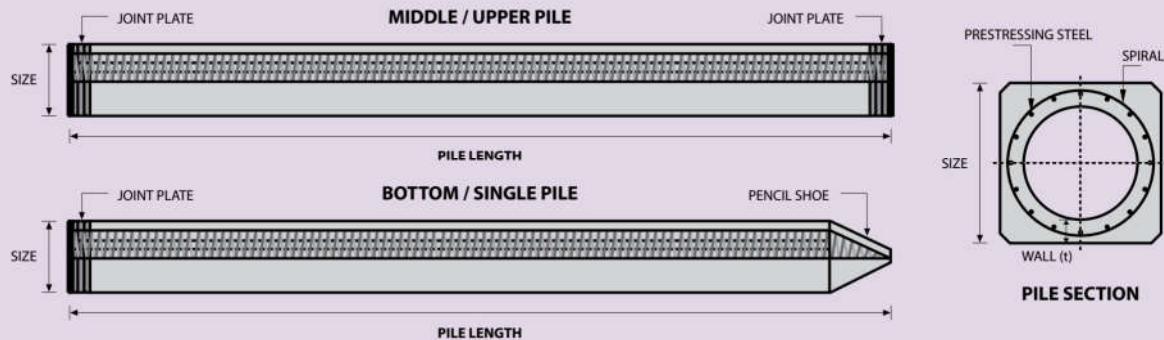
PRESTRESSED CONCRETE TRIANGULAR PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 42 \text{ MPa}$ (Cube 500 kg/cm^2)

Size (mm)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Length of Pile * (m)
					Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)		
280	318.7	9,080.50	79.7	A	0.66	0.92	42.26	6 - 8
				B	0.90	1.77	39.50	6 - 9
320	422.6	16,188.90	105.7	A	0.89	1.11	57.02	6 - 8
				B	1.20	2.15	54.10	6 - 9

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN SQUARE PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN SQUARE PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile * (m)
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
400 X 400	75	1109.13	194,159	277	A2	6.50	10.00	182.63	38.00	6 - 13
					A3	8.00	12.00	180.62	45.30	6 - 14
					B	10.00	18.00	173.15	73.10	6 - 15
					C	11.00	22.00	169.49	91.70	6 - 16
450 X 450	80	1364.48	307,000	341	A1	8.50	12.50	227.01	38.20	6 - 13
					A2	11.00	17.00	222.95	52.90	6 - 15
					A3	13.00	20.90	219.05	67.10	6 - 16
					B	13.50	24.00	215.32	80.90	6 - 16
					C	15.50	31.00	208.10	114.00	6 - 16

Note : *) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

PRODUCT APPLICATION



Piles foundation for Power Plant or Industrial Factory



Piles for Marine Structure



Piles Foundation for Building



Piles Foundation for Bridges

PT CITRA LAUTAN TEDUH

Head Office & Factory

Jl. Hang Jebat Km. 01 Batu Besar, Batam - Indonesia | Ph. (062) 778 761185, 761186 | Fax. (062) 778 761184 | Visit us : <http://www.wikact.co.id>

Factory Support

Binjai (North Sumatera), Tegineneng (Lampung South Sumatera), Kalianda (Lampung, South Sumatera), Bogor, Karawang, Majalengka (West Java), Boyolali (Central Java), Pasuruan (East Java), Balikpapan (East Borneo-in Progress), Makassar (South Celebes)

PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 42 \text{ MPa}$ (Cube 500 kg/cm^2)

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Size (mm)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile * (m)	Splice Class	
					Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)				Compatible to Body M_{crack}	Optional
200 x 200	400	13,333	100	A	1.55	2.65	49.08	27.47	6 - 9	I	II
250 x 250	625	32,552	156	A	2.29	3.46	81.40	28.10	6 - 10	III	IV
				B	2.52	4.33	79.62	34.80	6 - 11	II	-
				C	2.78	5.19	77.92	41.30	6 - 11	I	II
300 x 300	900	67,500	225	A	3.64	5.19	118.59	35.40	6 - 11	IV	V
				B	3.98	6.23	116.76	42.20	6 - 11	III	IV/V
				C	4.48	7.47	114.66	50.20	6 - 12	II	-
				D	4.92	9.34	111.60	61.90	6 - 12	I	III/IV/V
350 x 350	1,225	125,052	306	A	5.33	6.57	163.98	38.60	6 - 11	III	IV
				B	6.07	8.72	160.68	50.90	6 - 12	II	-
				C	6.63	10.90	157.45	63.10	6 - 12	I	IV
				D	7.30	13.08	154.32	75.00	6 - 13	I	III/IV
400 x 400	1,600	213,333	400	A	7.89	9.96	213.96	51.40	6 - 12	IV	V
				B	8.71	12.45	210.60	63.80	6 - 12	III	IV/V
				C	9.51	14.95	207.32	76.00	6 - 13	II	III/IV/V
				D	11.82	22.42	198.01	111.60	6 - 14	I	II/III/IV/V
450 x 450	2,025	341,719	506	A	11.17	14.01	270.98	64.30	6 - 12	III	IV
				B	12.10	16.81	267.61	76.80	6 - 13	III	IV
				C	13.01	19.62	264.30	89.10	6 - 13	II	III/IV
				D	14.78	25.22	257.88	113.30	6 - 14	I	II/III/IV
500 x 500	2,500	520,833	625	A	15.16	18.68	335.12	77.30	6 - 13	III	IV
				B	16.19	21.79	331.72	89.90	6 - 13	II	III/IV
				C	17.21	24.91	328.38	102.20	6 - 14	I	II/III/IV
				D	18.22	28.02	325.09	114.50	6 - 14	I	II/III/IV

Note : *) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

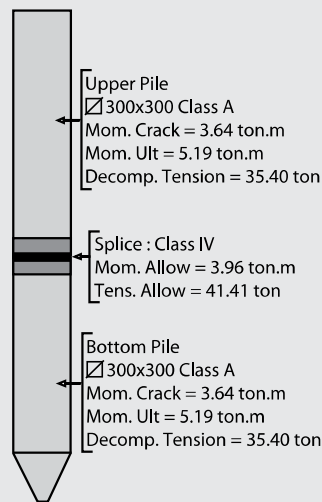
TYPICAL SPLICE SPECIFICATION

Size (mm)	Class	Bending Moment		Tension	
		Allowable (ton.m)	Ultimate (ton.m)	Allowable (ton)	Ultimate (ton)
200 x 200	I	1.56	2.11	41.82	47.05
	II	0.76	1.02	16.34	18.38
250 x 250	I	3.17	4.28	55.22	62.12
	II	2.99	4.03	41.41	46.59
	III	2.34	3.17	41.41	46.59
300 x 300	IV	1.29	1.74	24.50	27.57
	I	5.96	8.05	83.64	94.10
	II	4.53	6.12	62.73	70.57
	III	4.28	5.78	55.22	62.12
350 x 350	IV	3.96	5.35	41.41	46.59
	V	2.34	3.16	24.50	27.57
	I	7.67	10.35	83.64	94.10
	II	6.81	9.19	83.64	94.10
400 x 400	III	5.71	7.71	55.22	62.12
	IV	3.30	4.45	27.61	31.06
	I	12.20	16.47	117.95	132.69
	II	11.28	15.23	88.46	99.52
450 x 450	III	9.41	12.71	83.64	94.10
	IV	8.58	11.58	62.73	70.57
	V	3.97	5.36	27.61	31.06
	I	15.80	21.33	147.43	165.86
500 x 500	II	14.07	19.00	117.95	132.69
	III	13.02	17.57	88.46	99.52
	IV	6.55	8.84	41.82	47.05
	I	19.72	26.63	118.60	133.43
500 x 500	II	16.51	22.29	117.95	132.69
	III	15.14	20.43	88.46	99.52
	IV	7.56	10.21	41.82	47.05

EXAMPLES OF SPLICE SELECTION

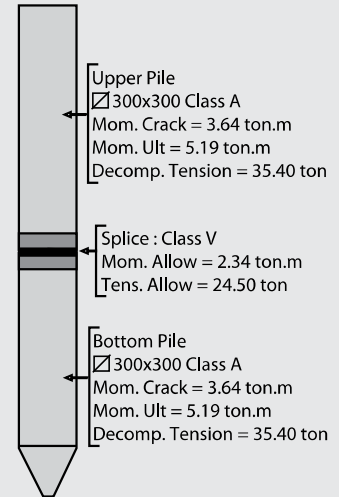
Case 1 : Compatible to Body Moment Crack

Splice of PC Piles having equivalent performance to the crack bending moment of the main body.

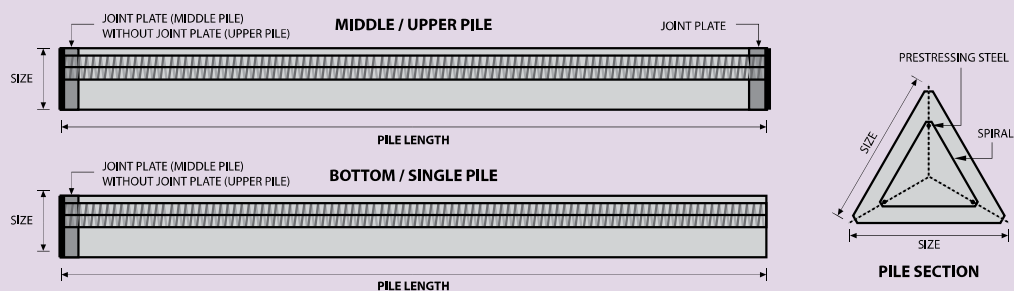


Case 2 : Optional Splice

Application of optional splices should be approved by structure designer.



PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE TRIANGULAR PILES



BIODATA PENULIS

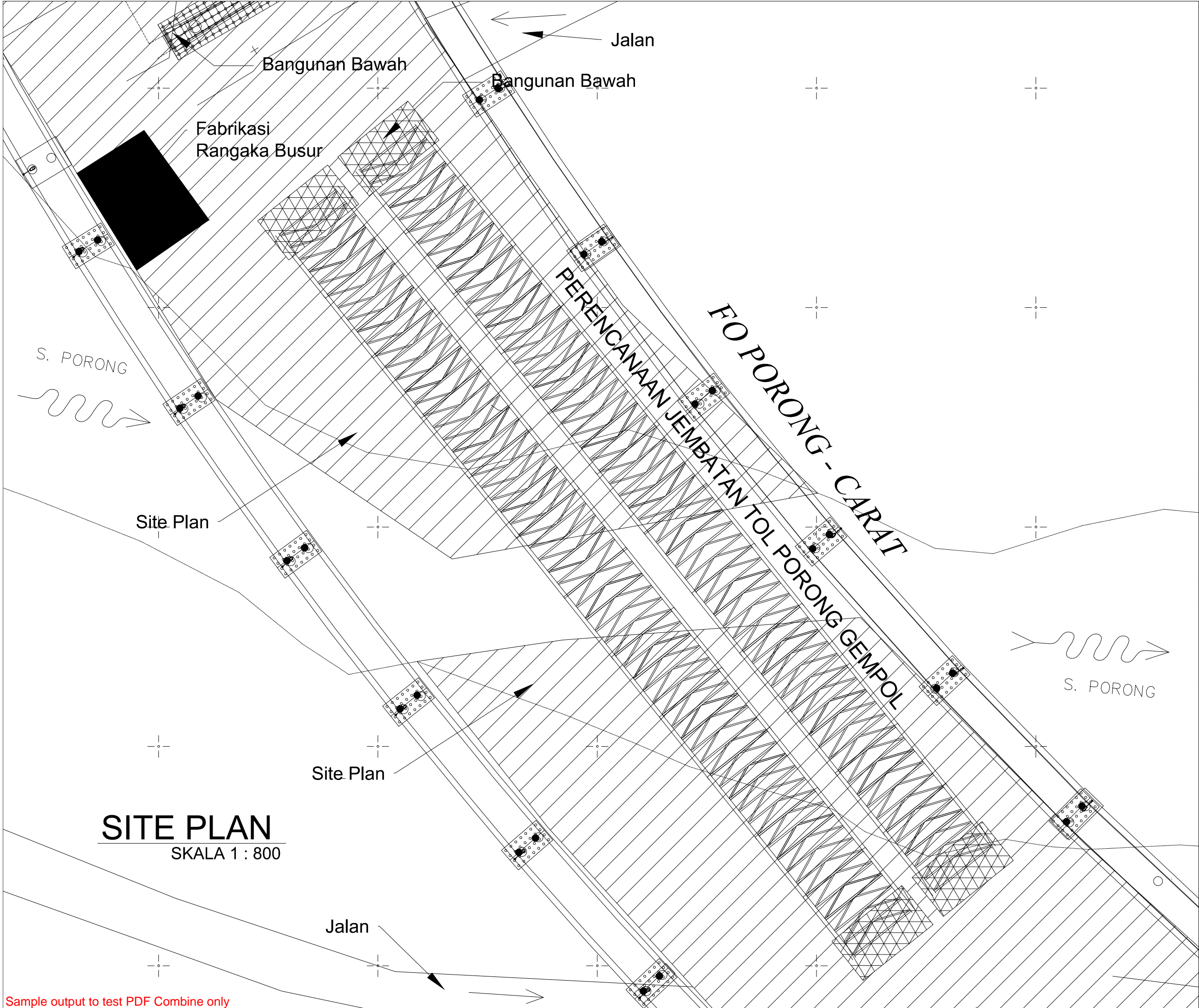



Penulis memiliki nama lengkap Afuza Faza, dilahirkan di Kota Surabaya pada tanggal 19 juli 1996. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara pasangan dari Mohamad Toha dan Sholechah. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Kedung Cowek II Surabaya dan lulus pada tahun 2009, SMP Negeri 15 Surabaya yang lulus pada tahun 2011 dan SMA Negeri 19 Surabaya yang lulus pada tahun 2014. Kemudian Penulis melanjutkan pendidikan sarjana di D4 Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Di jurusan Teknik Infrastruktur Sipil penulis merupakan mahasiswa program Vokasi (D4) dengan bidang kefokuskan Struktur

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

No	KODE GAMBAR	NOMOR GAMBAR	JUDUL GAMBAR
1	PRG	01	Site Plan Jembatan Rencana
2	PRG	02	Tampak Samping Gambar Existing dan Rencana
3	PRG	03	Denah Struktur Rangka Busur dan Struktur Lantai Jembatan
4	PRG	04	Potongan A-A' (Lantai Kendaraan Jembatan)
5	PRG	05	Denah Lantai Kendaraan Jembatan dan Penulangan Lantai Jembatan
6	PRG	06	Detail Penulangan Parapet Dan Detail Batang Penggantung
7	PRG	07	Detail A (Sambungan Gelagar Melintang Dan Gelagar Memanjang)
8	PRG	08	Detail B (Sambungan Gelagar Melintang Dan Samping Box)
9	PRG	09	Detail C (Sambungan Gelagar Memanjang Samping
10	PRG	10	Detail D (Sambungan Rangka Busur Atas)
11	PRG	11	Detail E (Sambungan Rangka Busur Bawah)
12	PRG	12	Detail F (Sambungan Rangka Busur Atas)
13	PRG	13	Detail G (Sambungan Rangka Busur Bawah)
14	PRG	14	Detail H, I, J,(Sambungan Ikatan Angin Rangka Busur)
15	PRG	15	Detail K (Busur Vertikal Akhir)
16	PRG	16	Detail L (Perletakan Sendi)
17	PRG	17	Denah Pondasi Tiang
18	PRG	17	Tampak Atas Bangunan Bawah
19	PRG	18	Potongan C-C' (Penulangan Bangunan Bawah Jembatan)
20	PRG	19	Potongan D-D' (Penulangan Bangunan Bawah Jembatan)
21	PRG	20	Potongan E-E' (Penulangan Pilar Bangunan Bawah Jembatan)
22	PRG	20	Potongan F-F' (Penulangan Tiang Pancang)
22	PRG	20	Potongan G-G' (Penulangan Tiang Pancang)





ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
2019

NAMA MAHASISIWA:

Afuza Faza
NRP : 10111410000036

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Sungkono. CES
NIP : 19591130 198601 1 001
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NRP : 19620328 198803 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR :

MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL
PORONG-GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA
STA 40+482 - STA 40+692 DENGAN SISTEM
JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANYA

	JUMLAH GAMBAR :
1	20

Keterangan :

Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (fc')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C

NAMA MAHASISIWA:

Afuza Faza
NRP : 10111410000036

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Sungkono. CES
NIP : 19591130 198601 1 001
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NRP : 19620328 198803 1 001

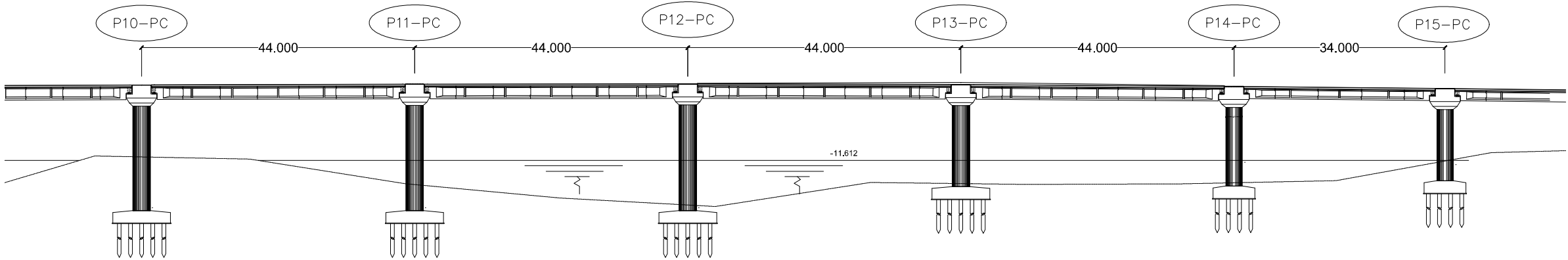
JUDUL TUGAS AKHIR :

MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL
PORONG-GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA
STA 40+482 - STA 40+692 DENGAN SISTEM
JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANYA

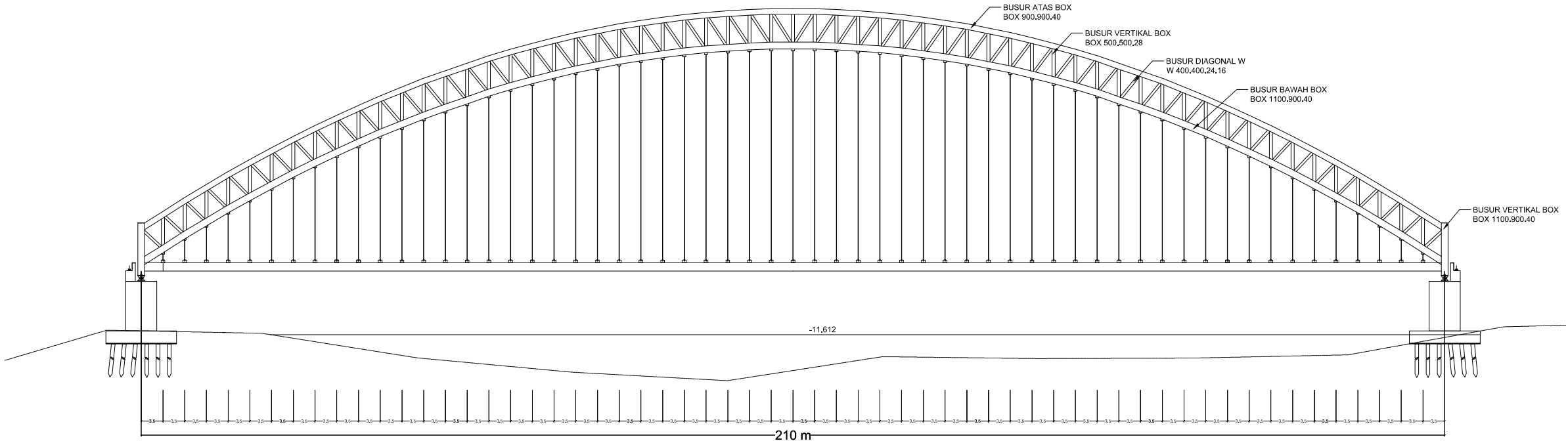
NO :	KODE GAMBAR	JUMLAH GAMBAR :
2	PRG	20

Keterangan :

Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (fc')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C



TAMPAK SAMPING JEMBATAN EXISTING
SKALA 1 : 800



TAMPAK SAMPING JEMBATAN RENCANA
SKALA 1 : 800

NAMA MAHASISIWA:

Afuza Faza
NRP : 10111410000036

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Sungkono. CES
NIP : 19591130 198601 1 001
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NRP : 19620328 198803 1 001

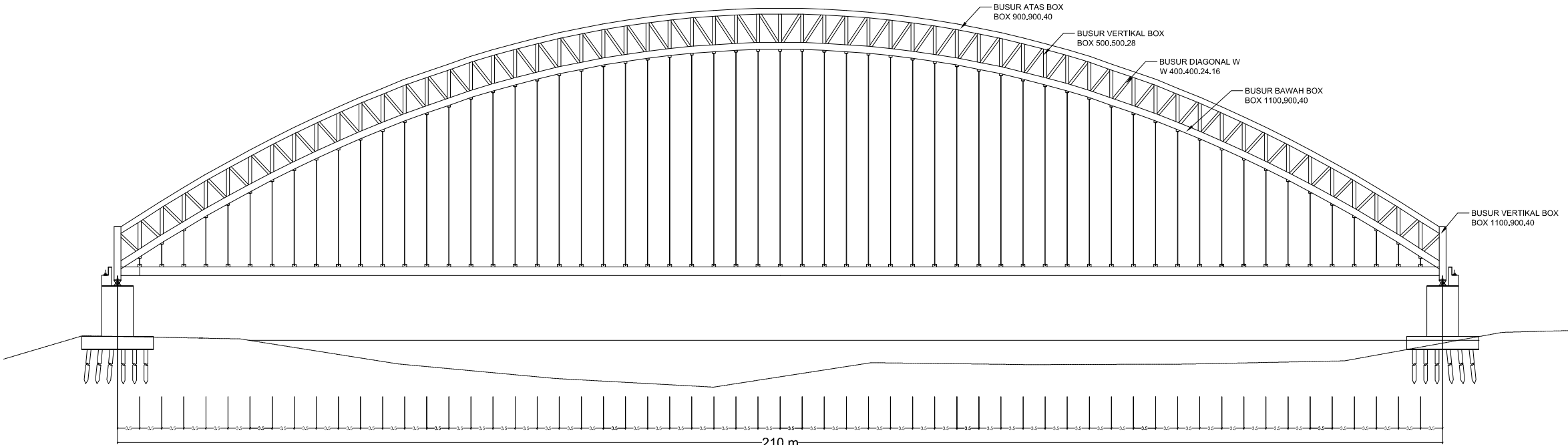
JUDUL TUGAS AKHIR :

MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL
PORONG-GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA
STA 40+482 - STA 40+692 DENGAN SISTEM
JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANYA

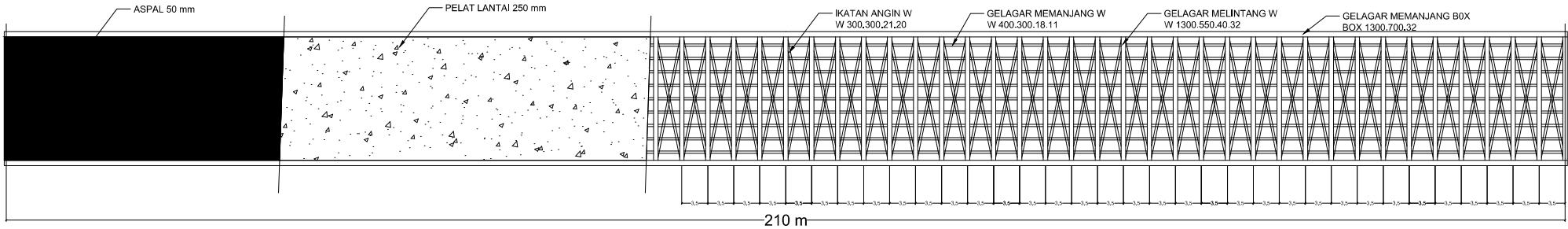
NO :	KODE GAMBAR	JUMLAH GAMBAR :
3	PRG	20

Keterangan :

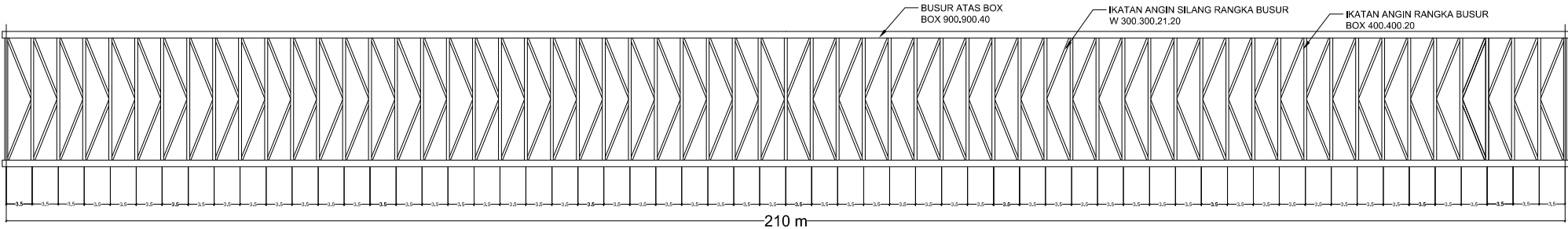
Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (fc')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koofisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C



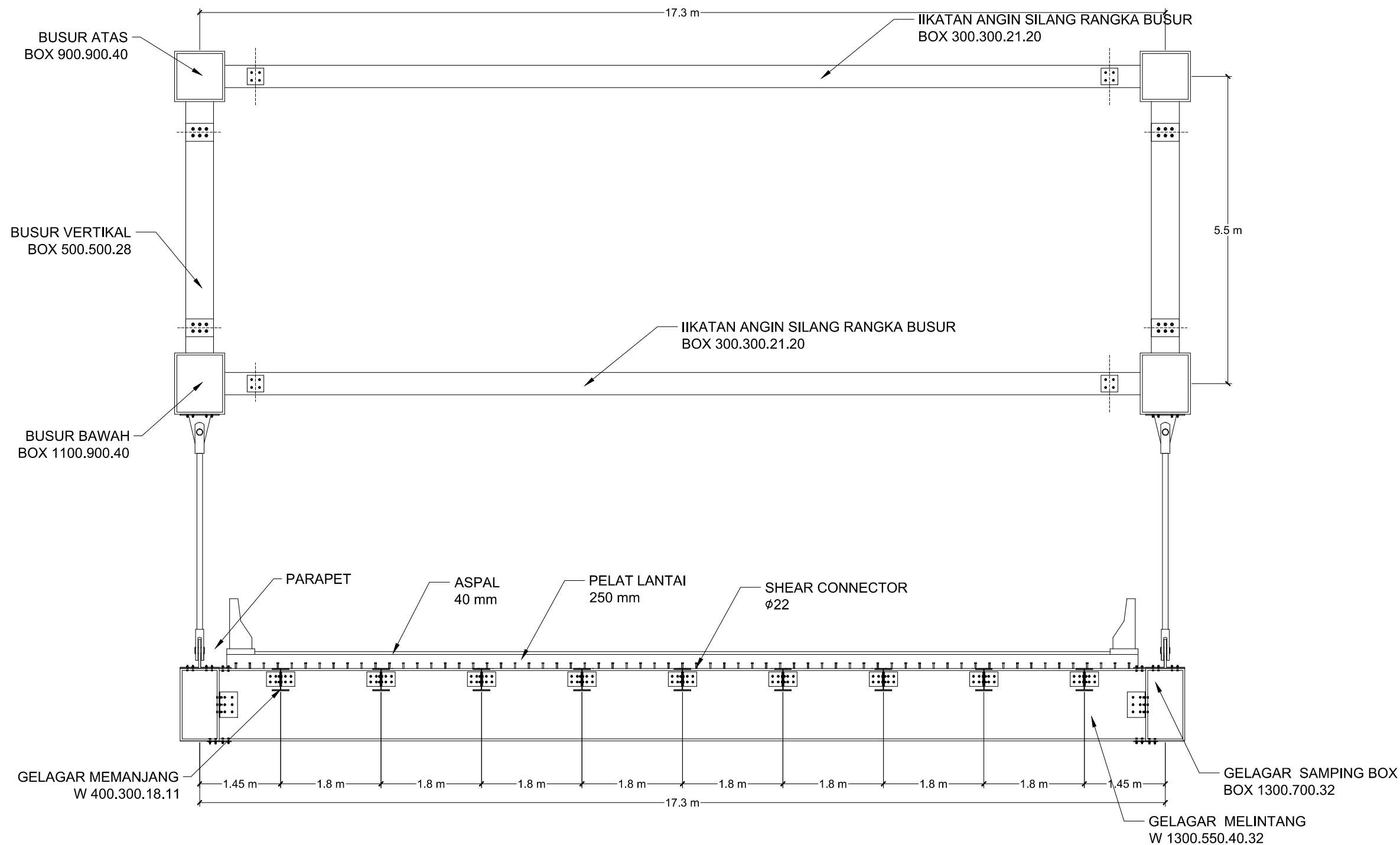
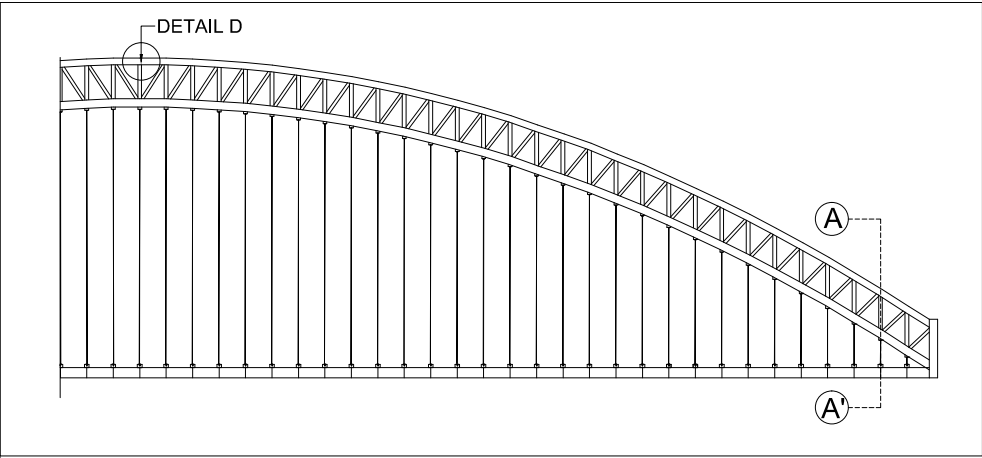
 **POTONGAN MEMANJANG JEMBATAN RENCANA**
SKALA 1 : 800



 **DENAH LANTAI KENDARAAN**
SKALA 1 : 800



 **DENAH IKATAN ANGIN STRUKTUR BUSUR**
SKALA 1 : 800



 **POTONGAN A-A' (LANTAI KENDARAAN JEMBATAN)**
SKALA 1 : 80

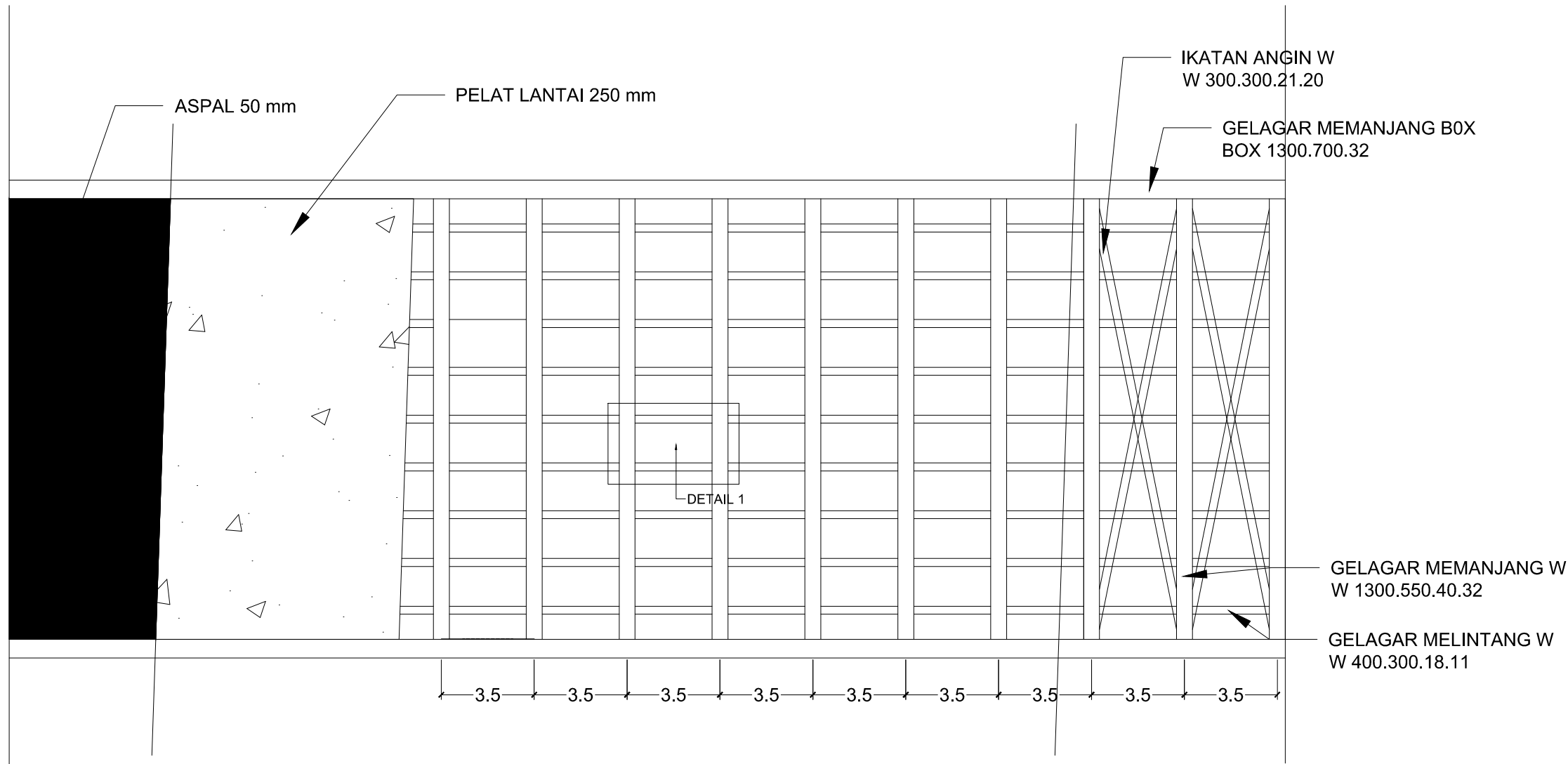
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
2019

NAMA MAHASISIWA:
Afuza Faza
NRP : 10111410000036
DOSEN PEMBIMBING:
Ir. Sungkono. CES
NIP : 19591130 198601 1 001
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NRP : 19620328 198803 1 001

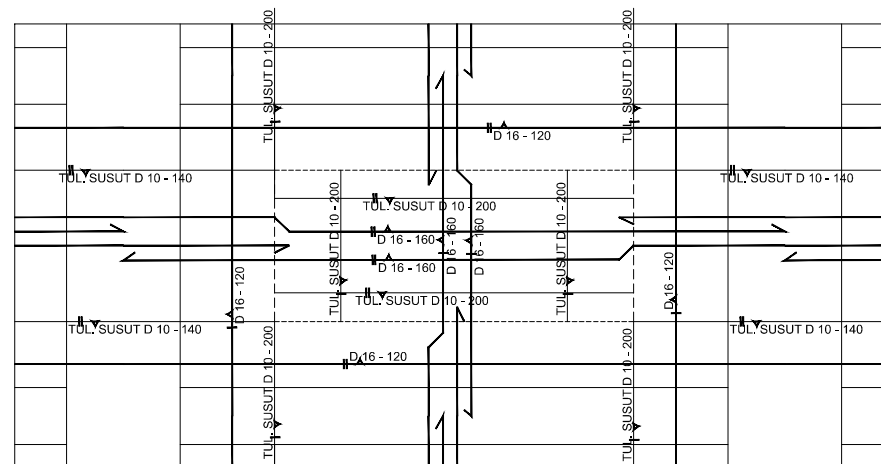
JUDUL TUGAS AKHIR :
MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL
PORONG-GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA
STA 40+482 - STA 40+692 DENGAN SISTEM
JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANYA

NO :	KODE GAMBAR :	JUMLAH GAMBAR :
4	PRG	20

Keterangan :	
Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (fc')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C



DENAH LANTAI KENDARAAN JEMBATAN
SKALA 1 : 80



DETAIL 1 (PENULANGAN LANTAI JEMBATAN)
SKALA 1 : 40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
2019

NAMA MAHASISIWA:

Afuza Faza
NRP : 10111410000036

DOSEN PEMBIMBING:

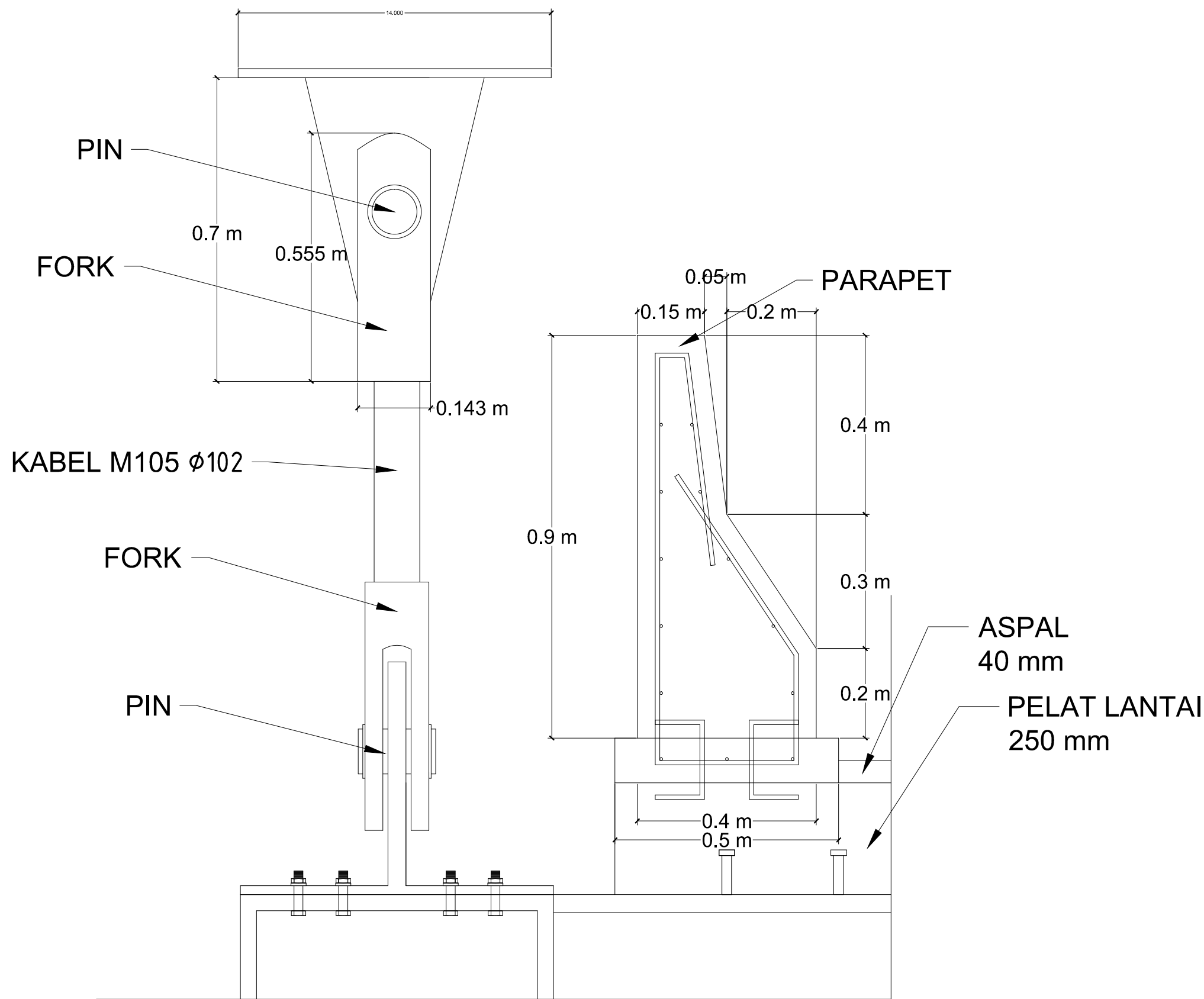
Ir. Sungkono. CES
NIP : 19591130 198601 1 001
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NRP : 19620328 198803 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR :

MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL
PORONG-GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA
STA 40+482 - STA 40+692 DENGAN SISTEM
JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANYA

NO :	KODE GAMBAR :	JUMLAH GAMBAR :
5	PRG	20

Keterangan :	
Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (fc')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C



 **DETAIL PENULANGAN PARAPET DAN DETAIL BATANG PENGGANTUNG**
SKALA 1 : 20

NAMA MAHASISIWA:

Afuza Faza
NRP : 10111410000036

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Sungkono. CES
NIP : 19591130 198601 1 001
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NRP : 19620328 198803 1 001

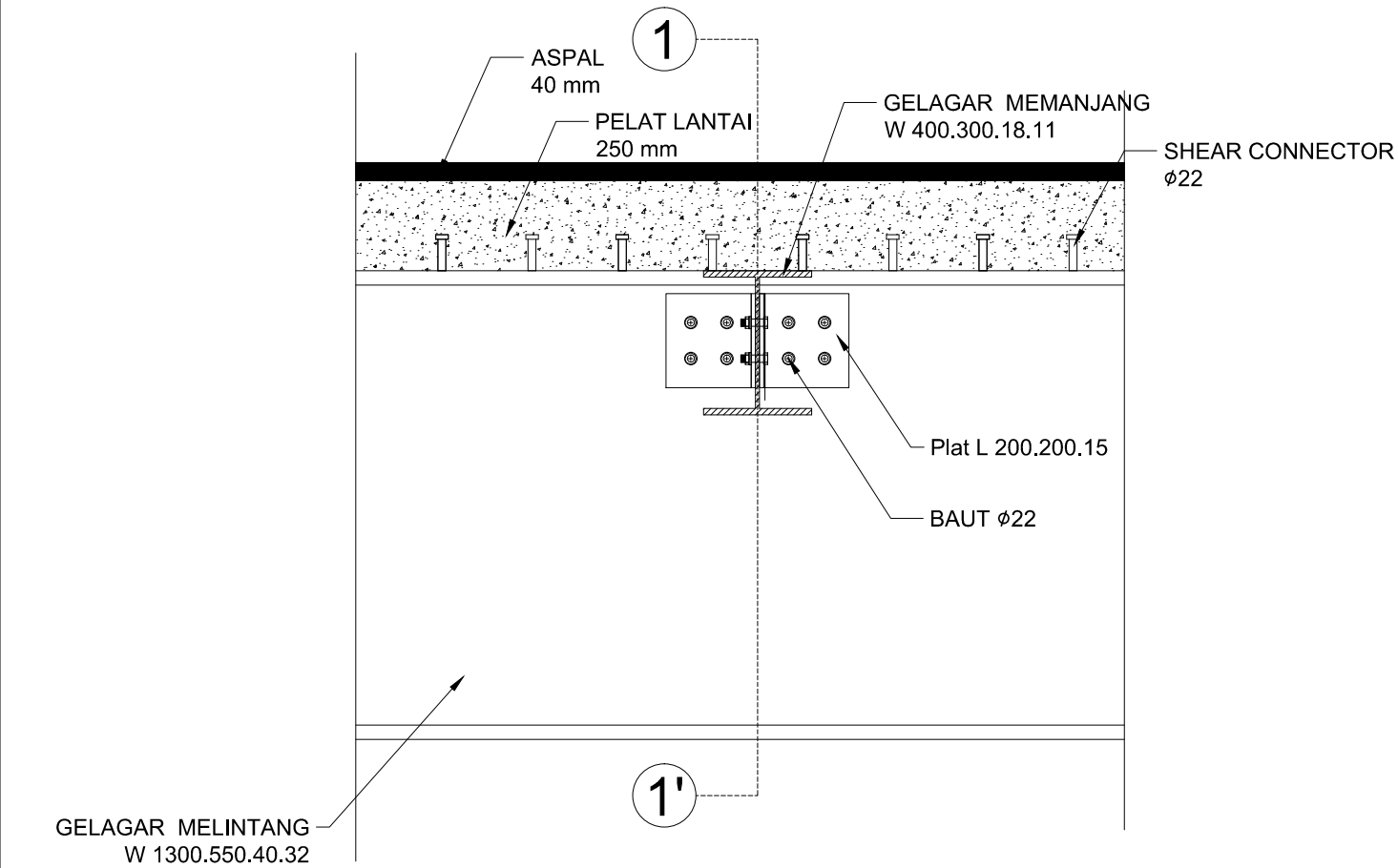
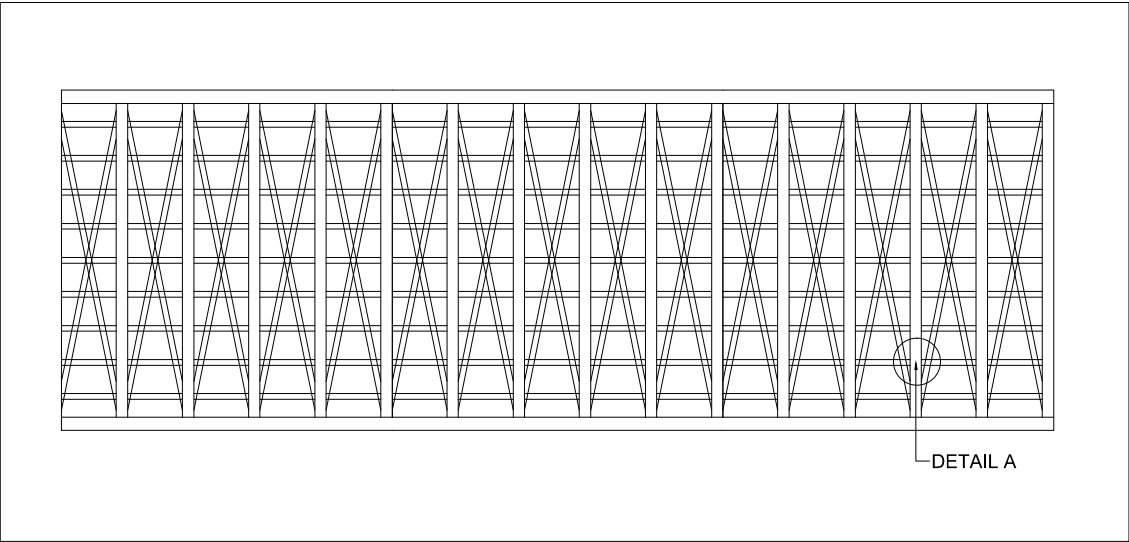
JUDUL TUGAS AKHIR :

MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL
PORONG-GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA
STA 40+482 - STA 40+692 DENGAN SISTEM
JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANYA

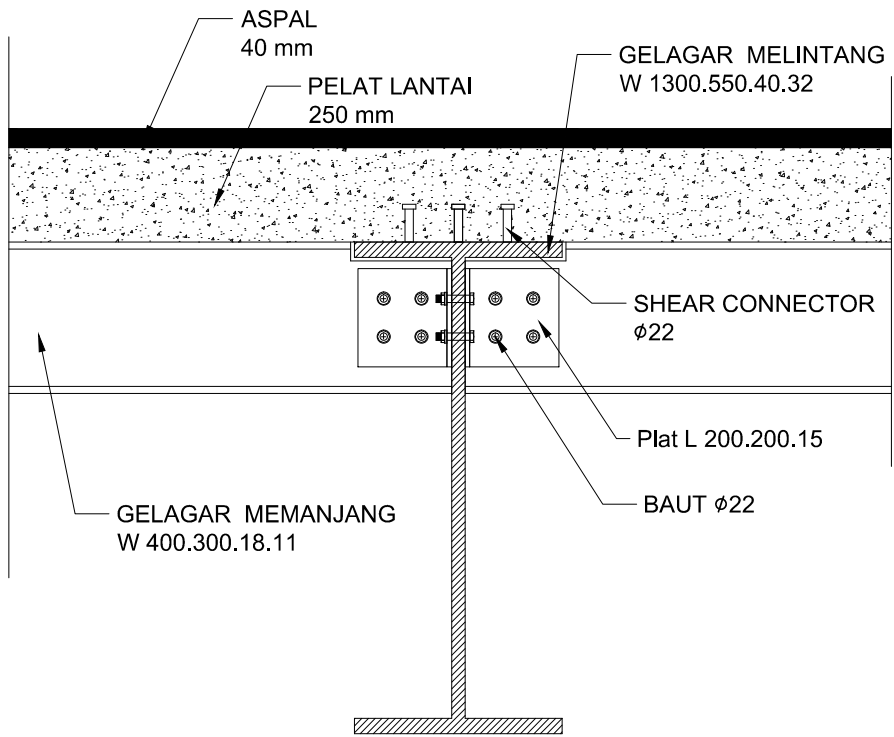
NO :	KODE GAMBAR :	JUMLAH GAMBAR :
6	PRG	20

Keterangan :

Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (f'c)	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C



DETAIL A (SAMBUNGAN GELAGAR MELINTANG DAN GELAGAR MEMANJANG)
SKALA 1 : 20



SAMBUNGAN 1-1' (SAMBUNGAN GELAGAR MELINTANG DAN GELAGAR MEMANJANG)
SKALA 1 : 20

NO :	KODE GAMBAR :	JUMLAH GAMBAR :
7	PRG	20

Keterangan :	
Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (fc')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C

NAMA MAHASISIWA:

Afuza Faza
NRP : 10111410000036

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Sungkono. CES
NIP : 19591130 198601 1 001
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NRP : 19620328 198803 1 001

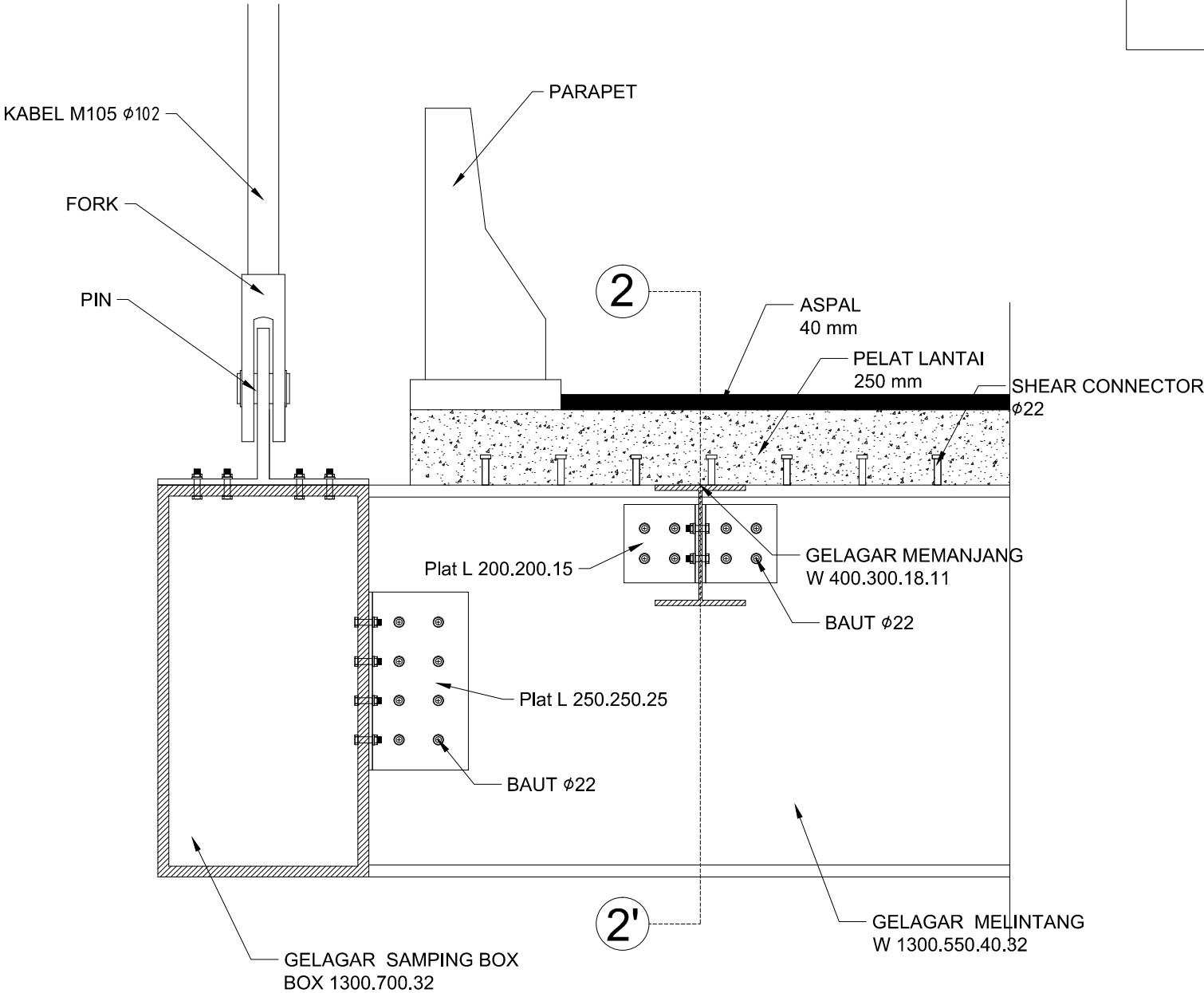
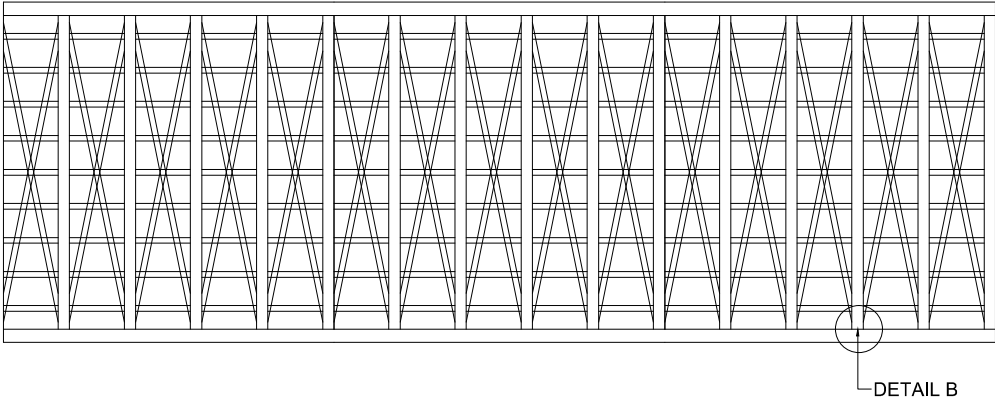
JUDUL TUGAS AKHIR :

MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL
PORONG-GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA
STA 40+482 - STA 40+692 DENGAN SISTEM
JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANYA

NO :	KODE GAMBAR :	JUMLAH GAMBAR :
8	PRG	20

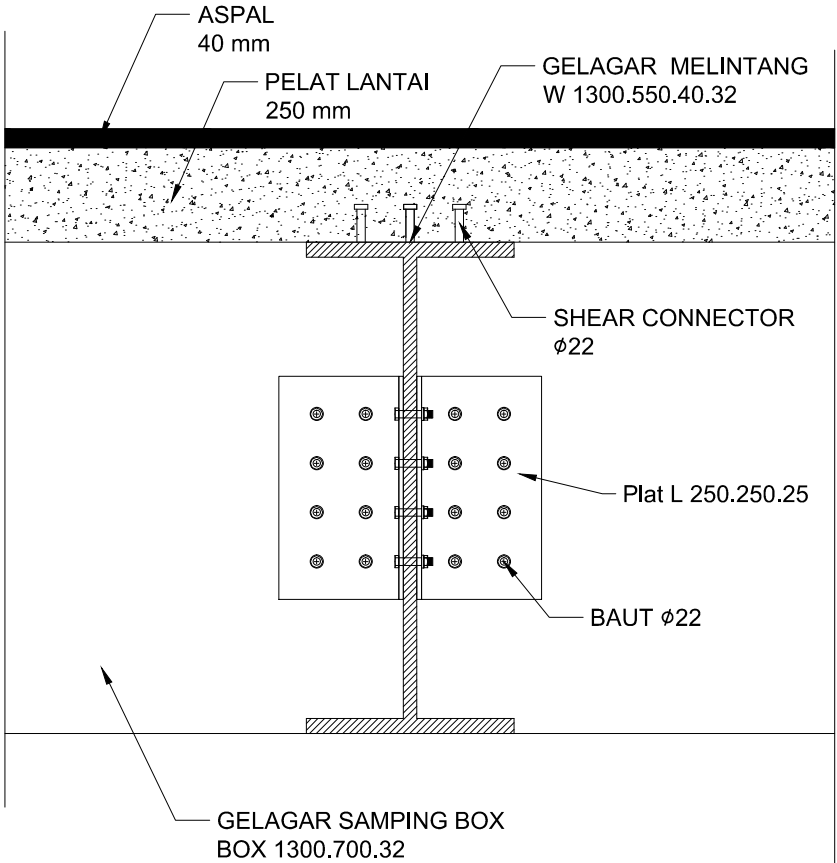
Keterangan :

Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (fc')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C



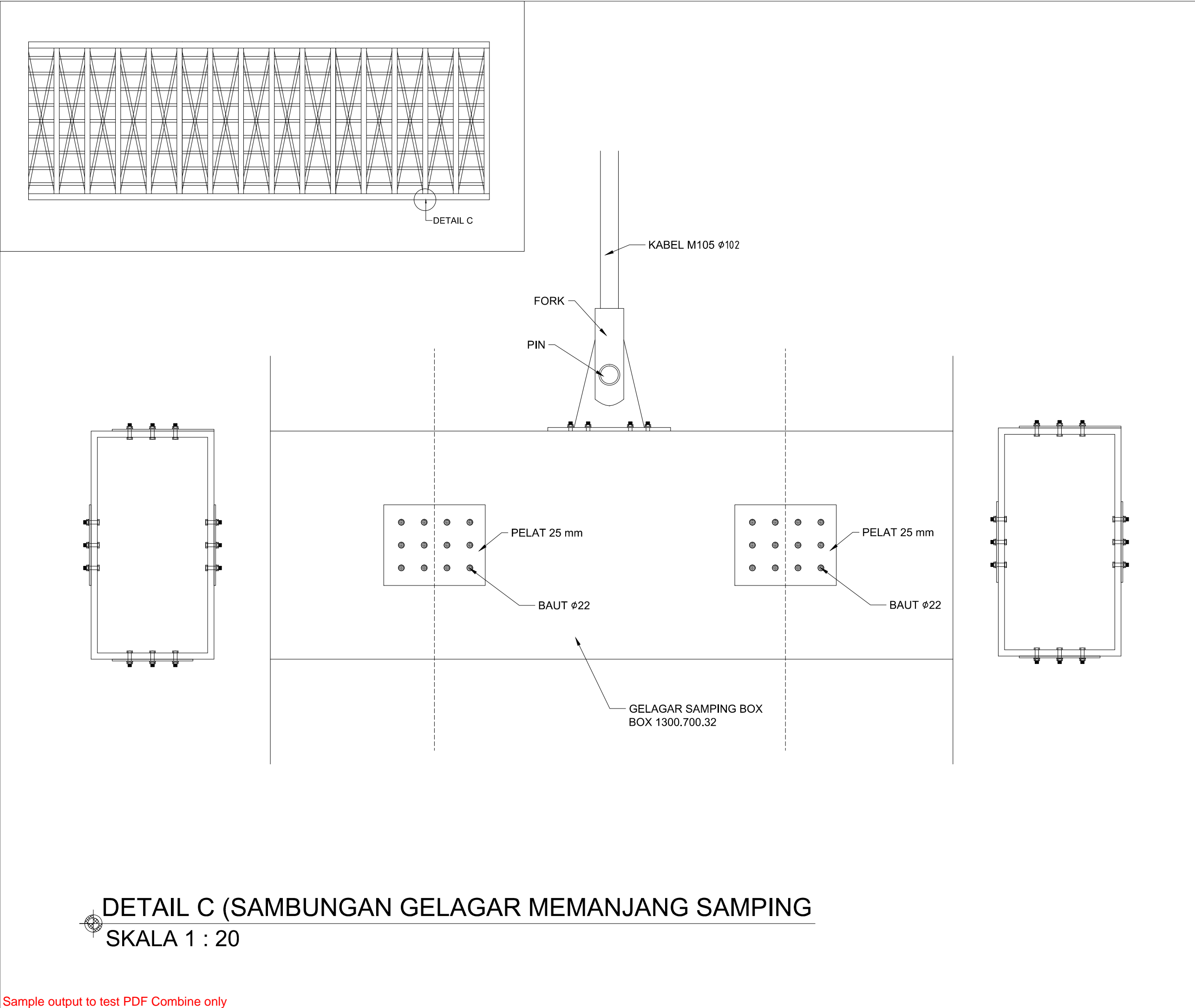
DETAIL B (SAMBUNGAN GELAGAR
MELINTANG DAN SAMPING BOX)


SKALA 1 : 20



SAMBUNGAN 2-2' (SAMBUNGAN GELAGAR
MELINTANG DAN SAMPING BOX)

SKALA 1 : 20





ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
2019

NAMA MAHASISIWA:

Afuza Faza
NRP : 10111410000036

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Sungkono. CES
NIP : 19591130 198601 1 001

Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NRP : 19620328 198803 1 001

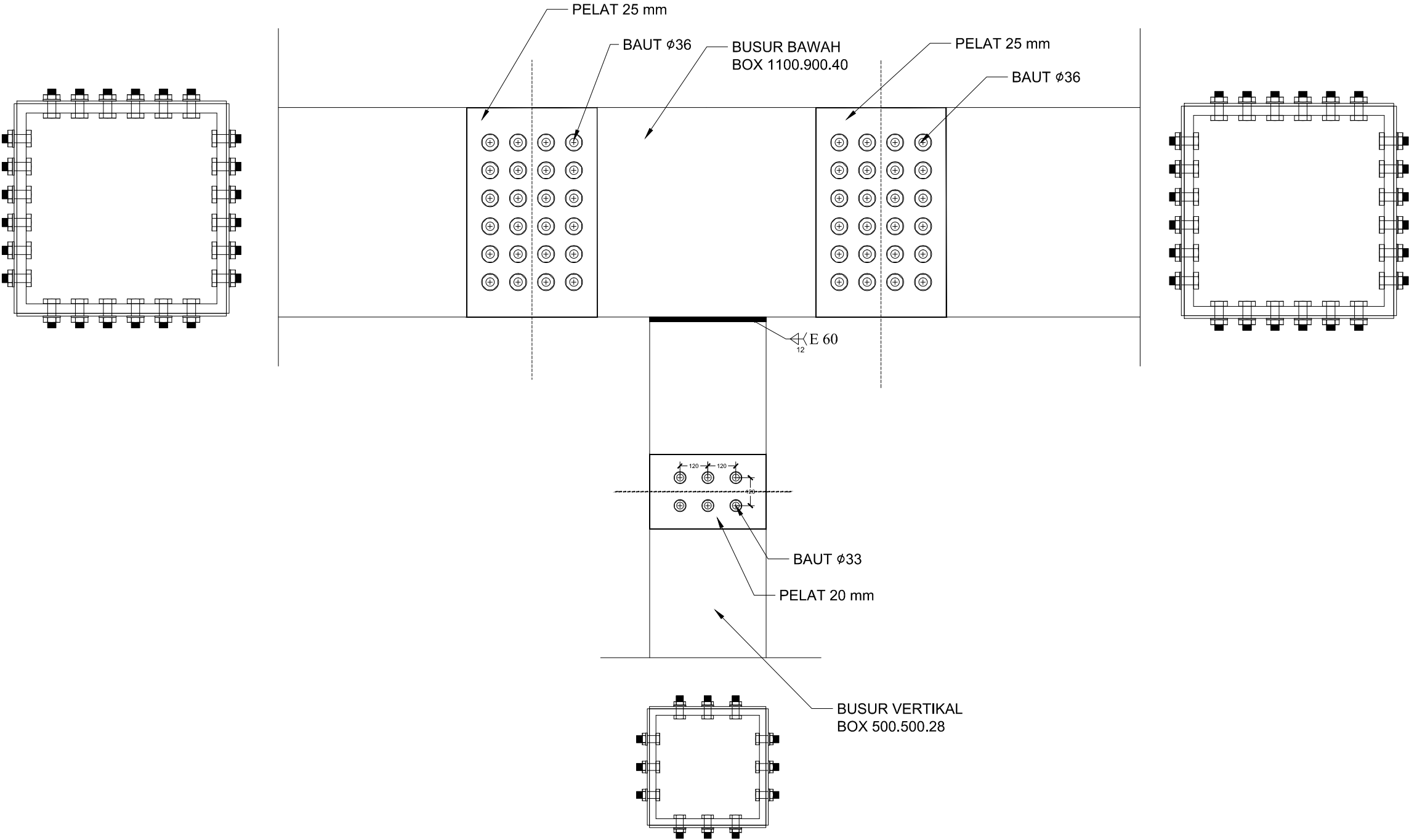
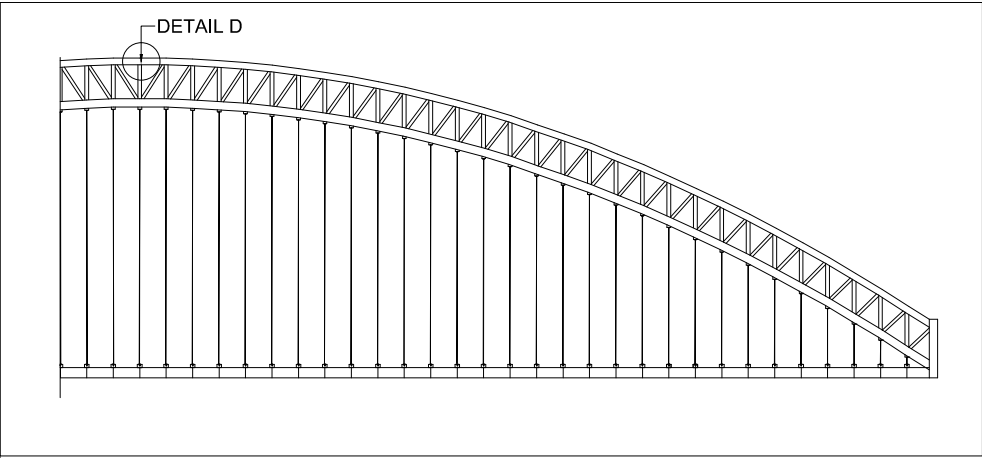
JUDUL TUGAS AKHIR :

MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL
PORONG-GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA
STA 40+482 - STA 40+692 DENGAN SISTEM
JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANYA

NO :	KODE GAMBAR :	JUMLAH GAMBAR :
9	PRG	20

Keterangan :

Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (fc')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koofisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C



 **DETAIL D (SAMBUNGAN RANGKA BUSUR ATAS)**
SKALA 1 : 20

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
2019

NAMA MAHASISIWA:

Afuza Faza
NRP : 10111410000036

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Sungkono. CES
NIP : 19591130 198601 1 001
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NRP : 19620328 198803 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR :

MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL
PORONG-GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA
STA 40+482 - STA 40+692 DENGAN SISTEM
JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANYA

NO :	KODE GAMBAR :	JUMLAH GAMBAR :
10	PRG	20

Keterangan :	
Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (fc')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C



Afuza Faza
NRP : 10111410000036

Ir. Sungkono. CES
NIP : 19591130 198601 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR :

NO :	KODE GAMBAR :	JUMLAH GAMBAR :
11	PRG	20

Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (fc')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C



NAMA MAHASISIWA:

Afuza Faza
NRP : 10111410000036

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Sungkono. CES
NIP : 19591130 198601 1 001
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NRP : 19620328 198803 1 001

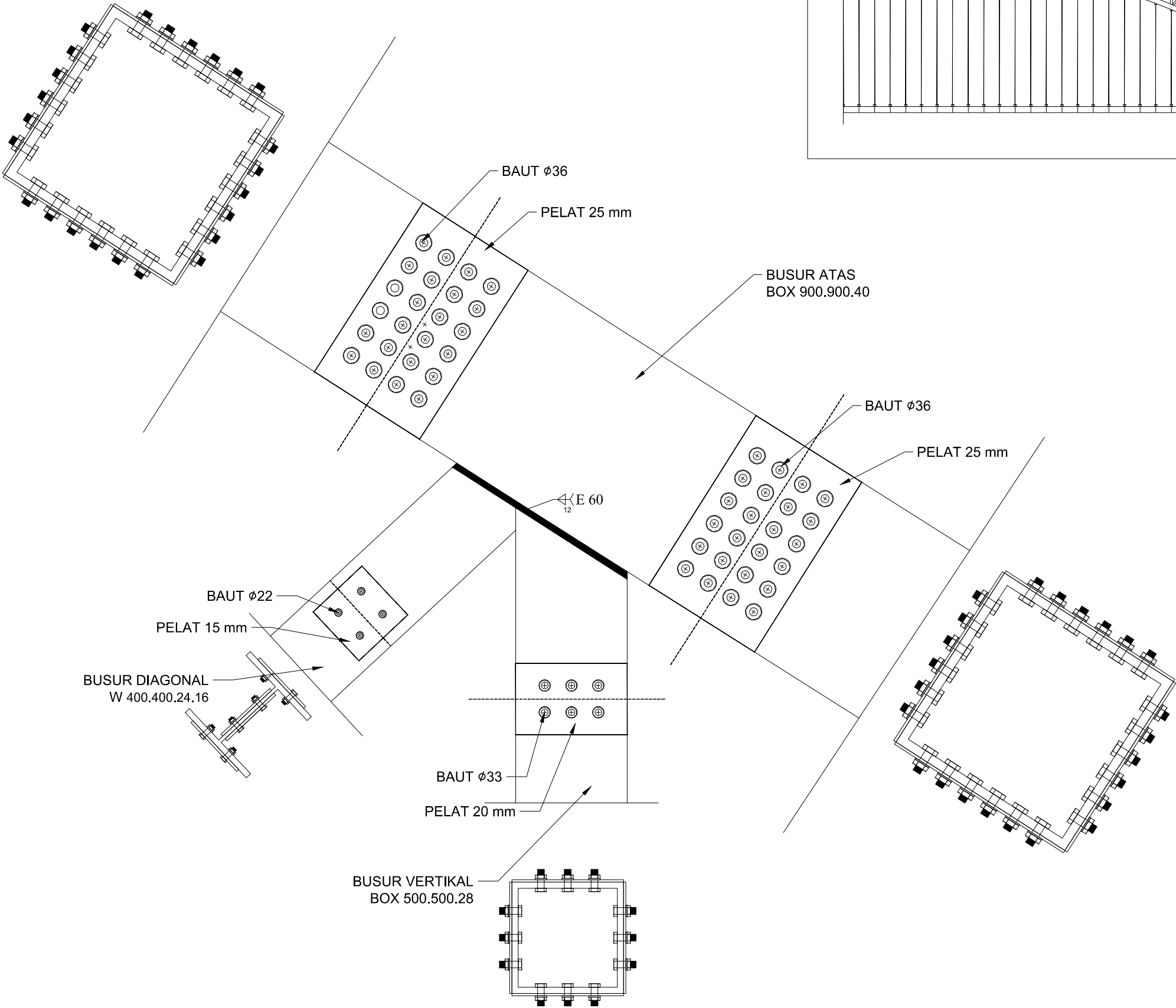
JUDUL TUGAS AKHIR :

MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL
PORONG-GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA
STA 40+482 - STA 40+692 DENGAN SISTEM
JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANYA

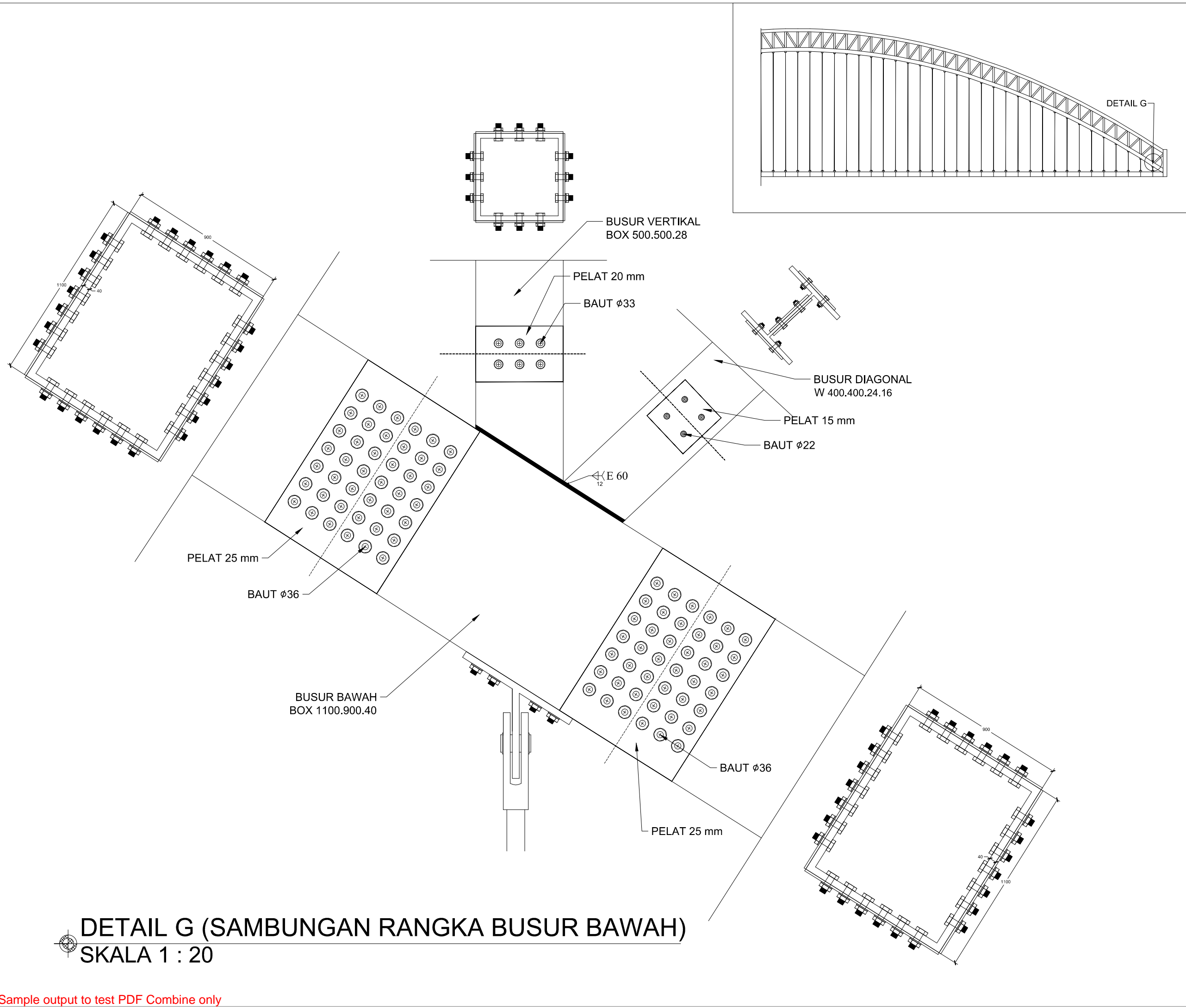
NO :	KODE GAMBAR :	JUMLAH GAMBAR :
12	PRG	20


Keterangan :

Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (fc')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C



 **DETAIL F (SAMBUNGAN RANGKA BUSUR ATAS)**
SKALA 1 : 20





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
2019

NAMA MAHASISIWA:
Afuza Faza
NRP : 10111410000036

DOSEN PEMBIMBING:
Ir. Sungkono. CES
NIP : 19591130 198601 1 001
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NRP : 19620328 198803 1 001

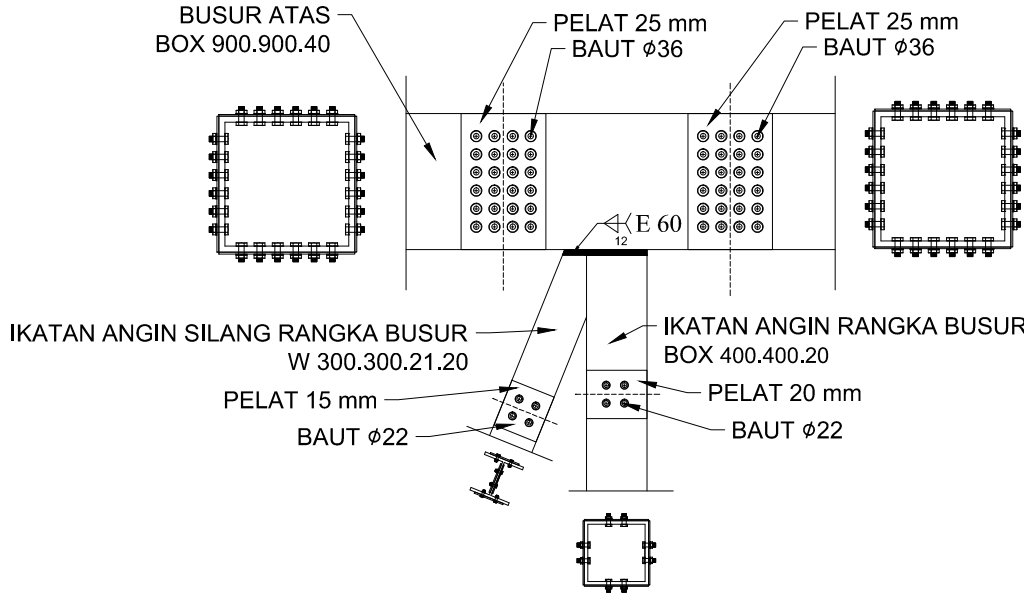
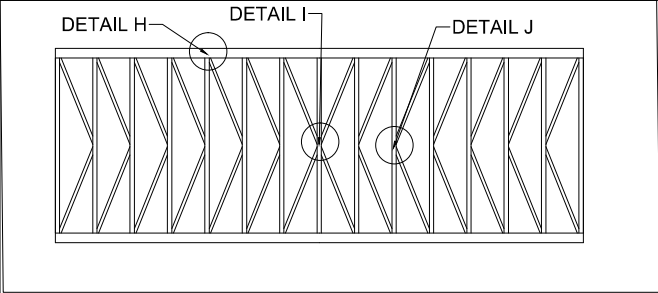
JUDUL TUGAS AKHIR :
MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL
PORONG-GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA
STA 40+482 - STA 40+692 DENGAN SISTEM
JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANYA

NO :	KODE GAMBAR :	JUMLAH GAMBAR :
13	PRG	20

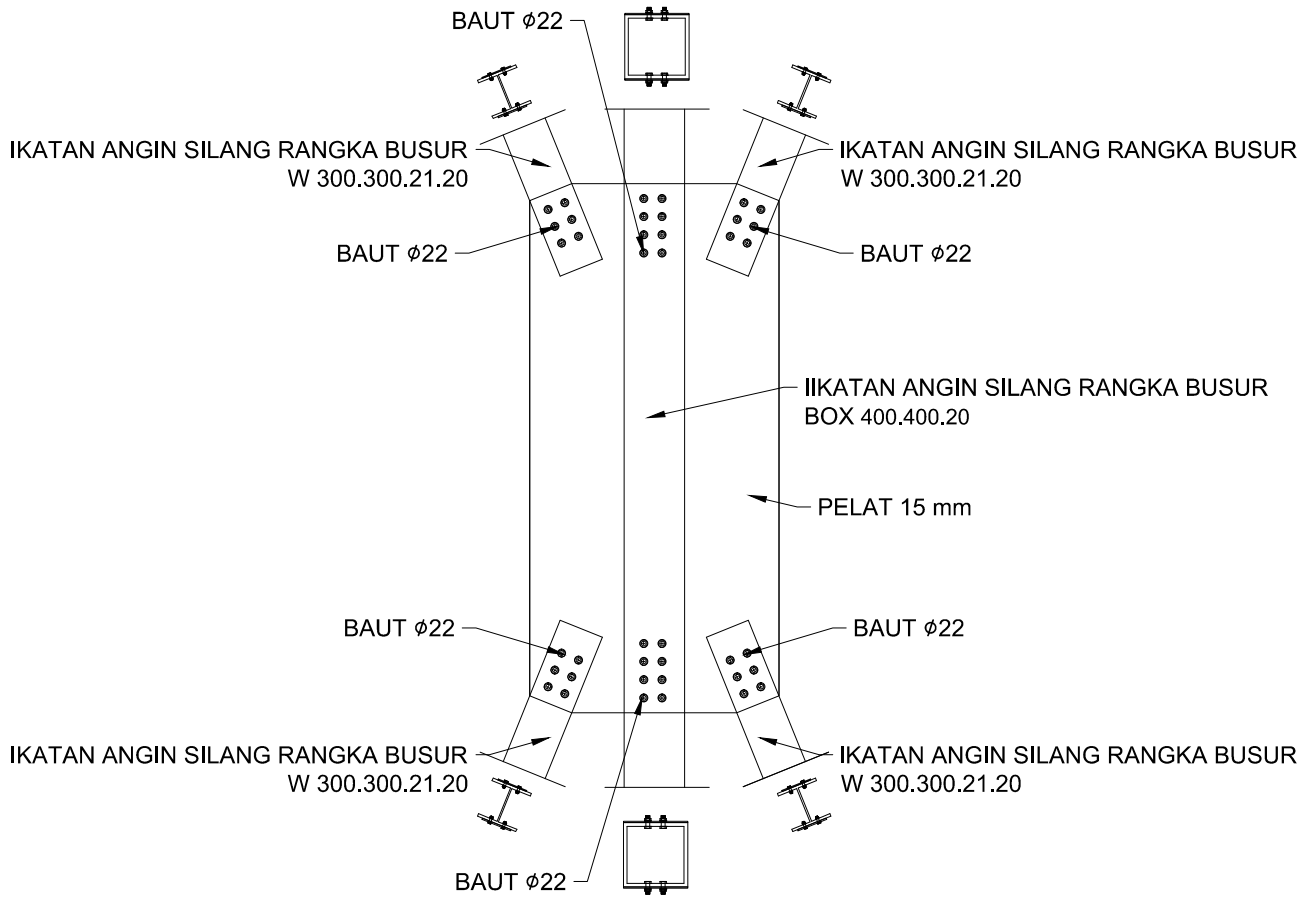
Keterangan :

Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (f'c)	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C

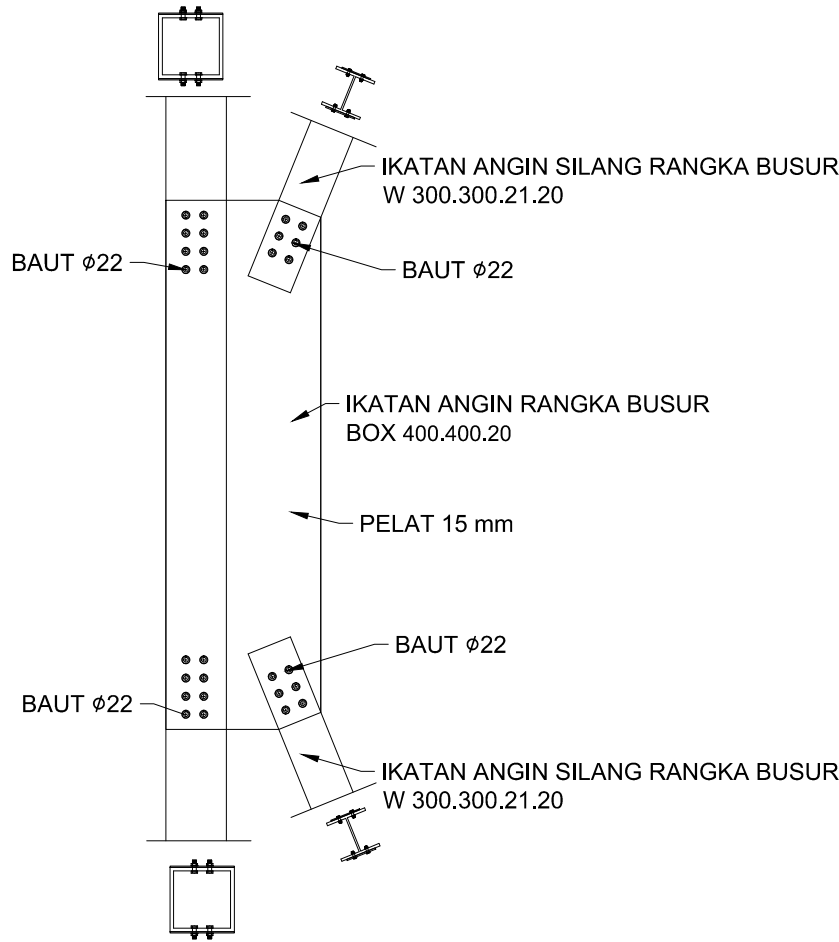
 **DETAIL G (SAMBUNGAN RANGKA BUSUR BAWAH)**
SKALA 1 : 20



DETAIL H (SAMBUNGAN IKATAN ANGIN RANGKA BUSUR)
SKALA 1 : 50



DETAIL I (SAMBUNGAN IKATAN ANGIN RANGKA BUSUR)
SKALA 1 : 50



DETAIL J (SAMBUNGAN IKATAN ANGIN RANGKA BUSUR)
SKALA 1 : 50

NAMA MAHASISIWA:

Afuza Faza
NRP : 10111410000036

DOSEN PEMBIMBING:

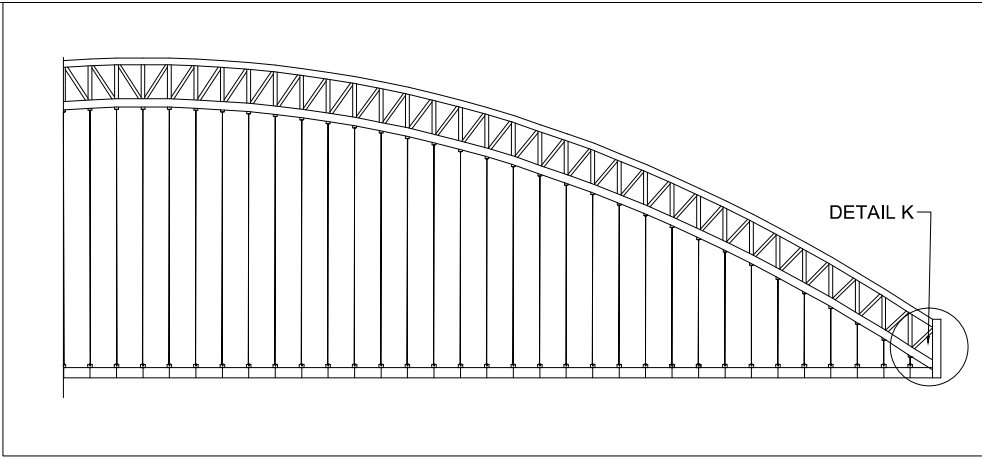
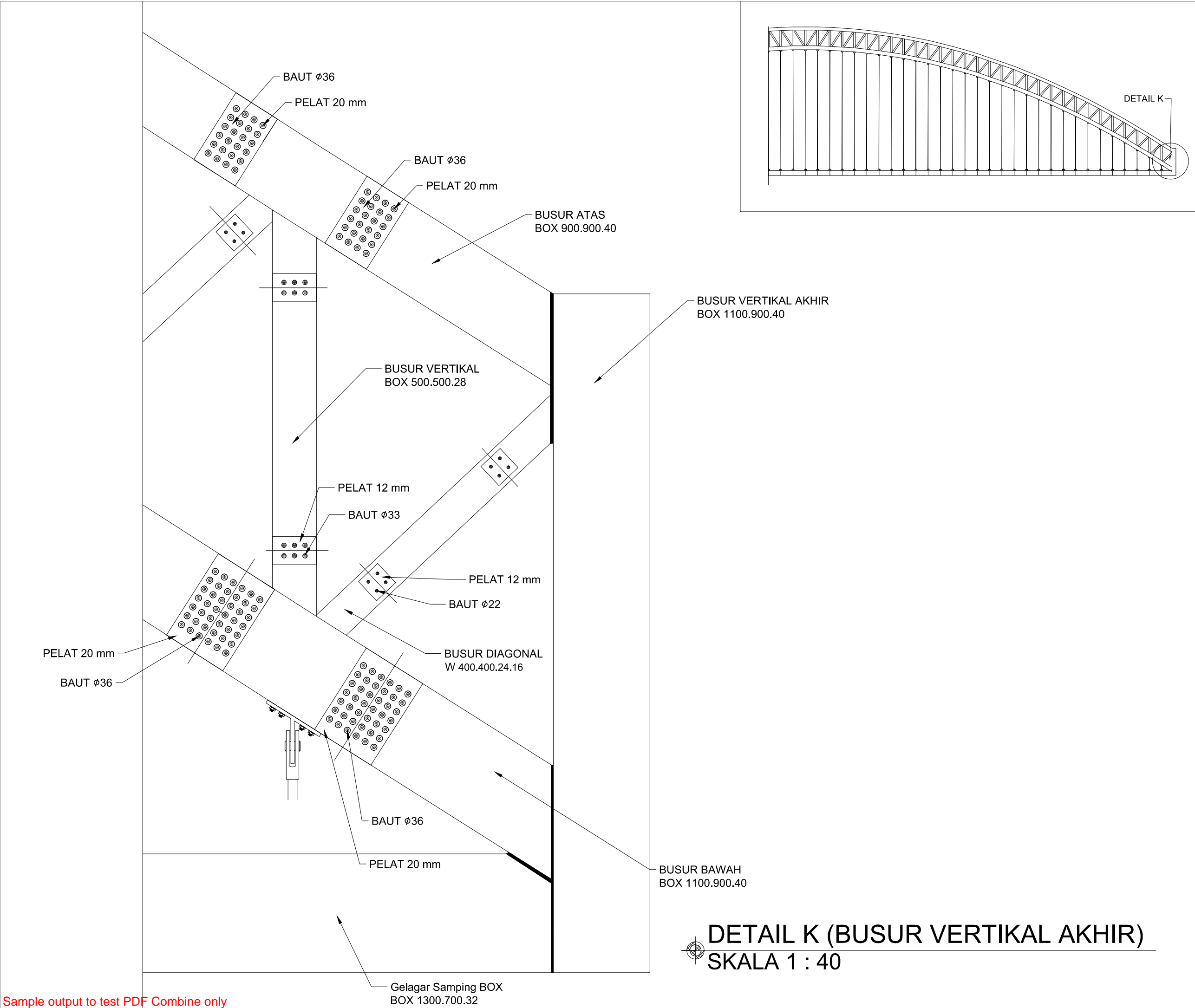
Ir. Sungkono. CES
NIP : 19591130 198601 1 001
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NRP : 19620328 198803 1 001


JUDUL TUGAS AKHIR :

MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL
PORONG-GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA
STA 40+482 - STA 40+692 DENGAN SISTEM
JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANYA

NO :	KODE GAMBAR :	JUMLAH GAMBAR :
14	PRG	20

Keterangan :	
Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (fc')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C





ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
2019

NAMA MAHASISIWA:

Afuza Faza
NRP : 10111410000036

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Sungkono. CES
NIP : 19591130 198601 1 001

Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NRP : 19620328 198803 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR :

MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL
PORONG-GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA
STA 40+482 - STA 40+692 DENGAN SISTEM
JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANYA

NO :	KODE GAMBAR :	JUMLAH GAMBAR :
15	PRG	20

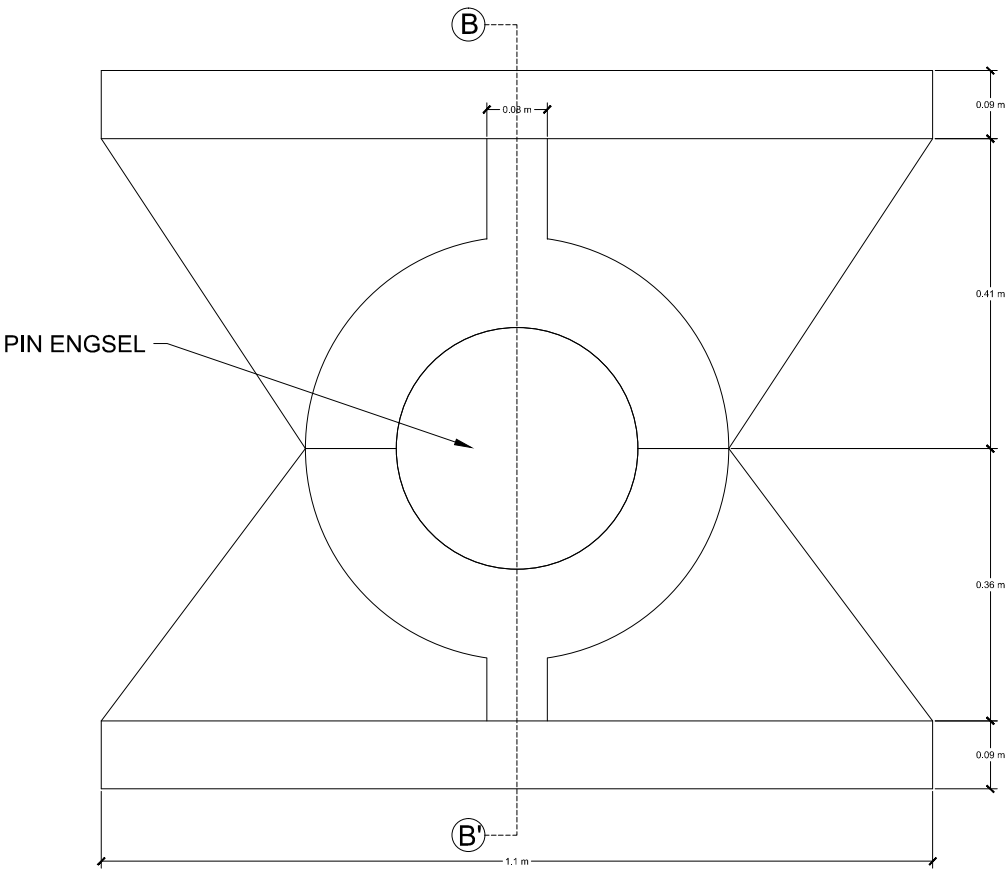
Keterangan :

Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (f'c)	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C

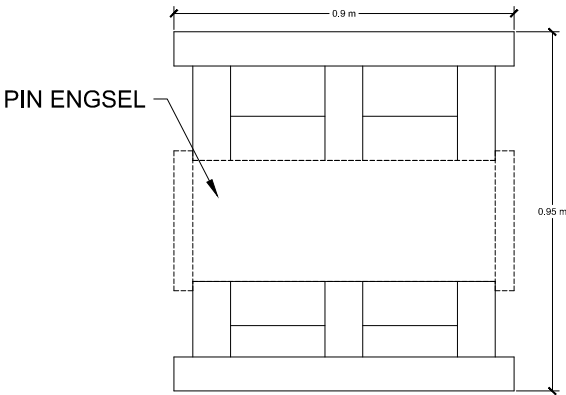
NO :	KODE GAMBAR :	JUMLAH GAMBAR :
16	PRG	20

Keterangan :

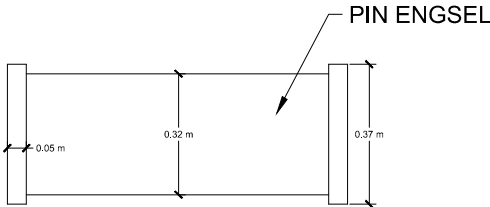
Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (fc')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C



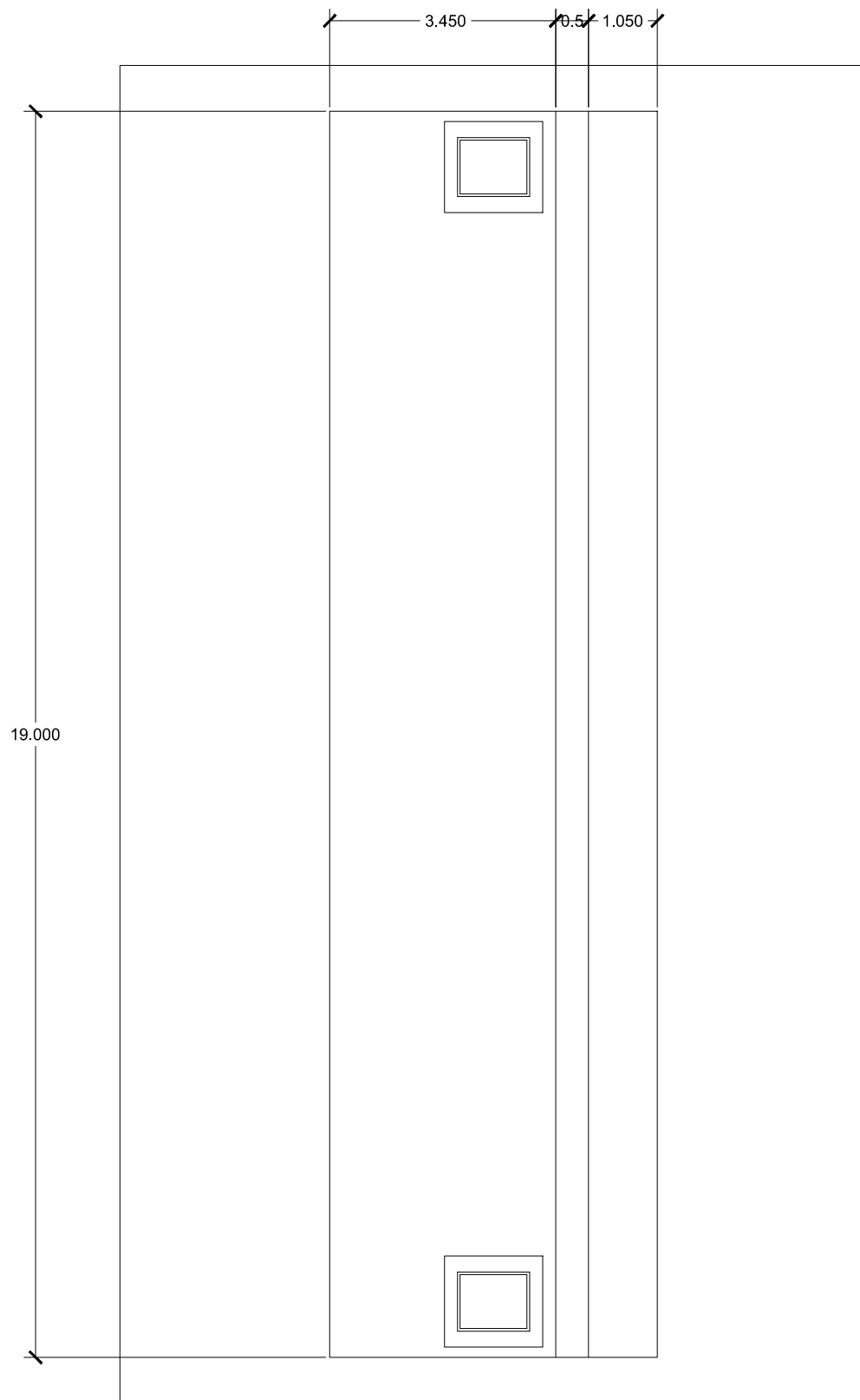
DETAIL L (PERLETAKAN SENDI)
SKALA 1 : 5




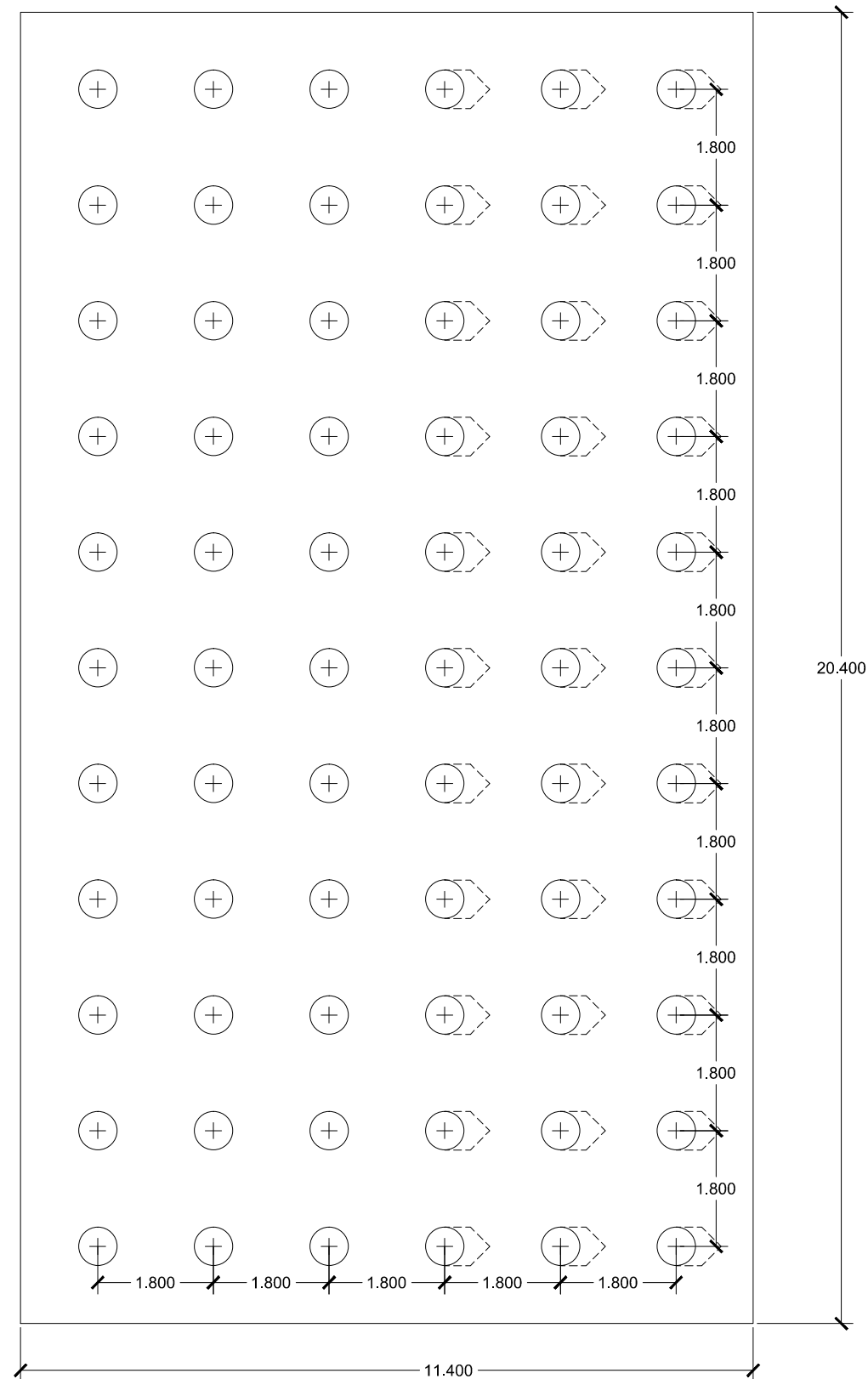
POTONGAN B-B' (PERLETAKAN SENDI)
SKALA 1 : 10




DETAIL (PIN ENGSEL)
SKALA 1 : 10



 **TAMPAK ATAS PONDASI**
SKALA 1 : 100



 **DENAH PONDASI TIANG**
SKALA 1 : 100



**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER**
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
2019

NAMA MAHASISIWA:

Afuza Faza
NRP : 10111410000036

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Sungkono. CES
NIP : 19591130 198601 1 001
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NRP : 19620328 198803 1 001

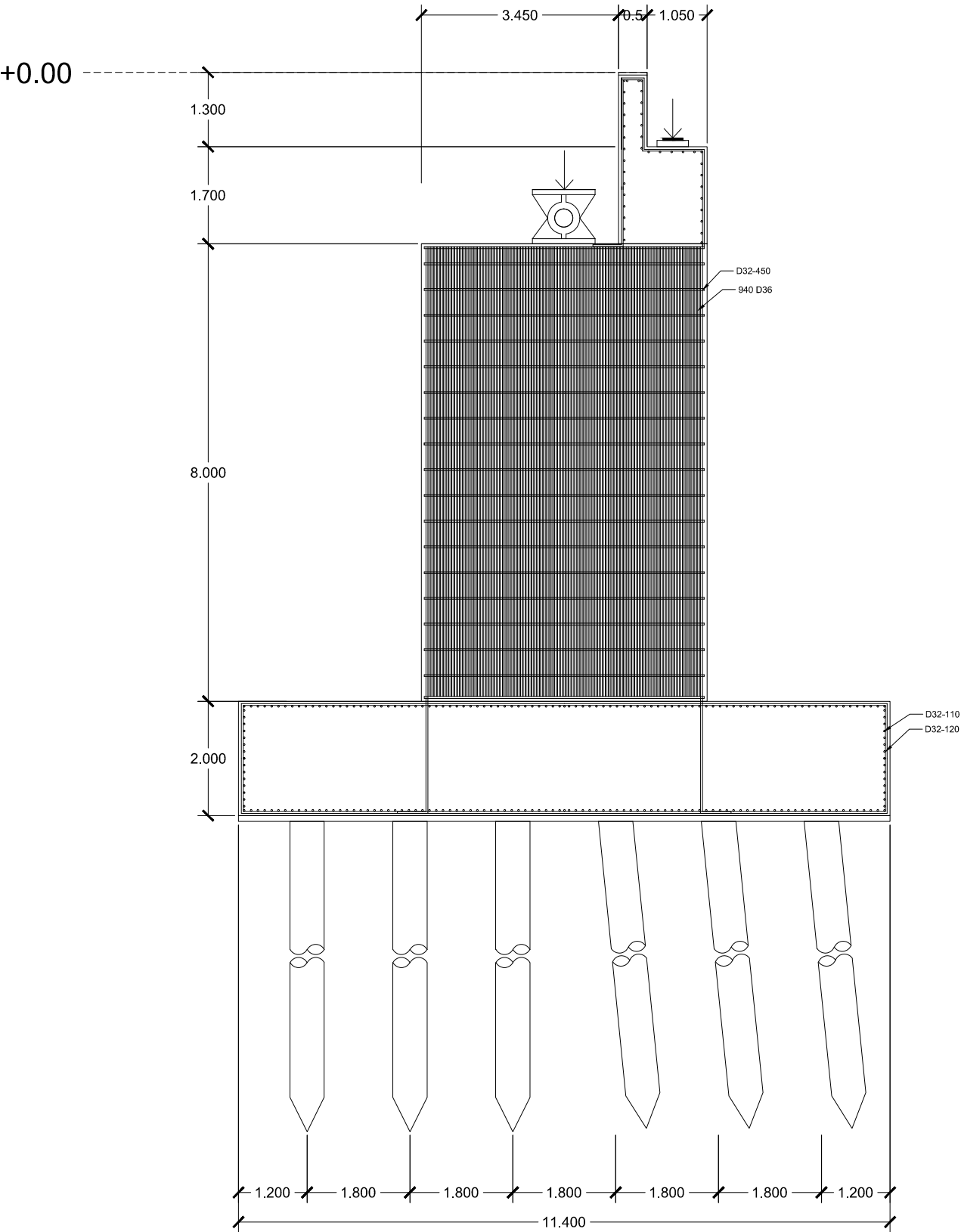
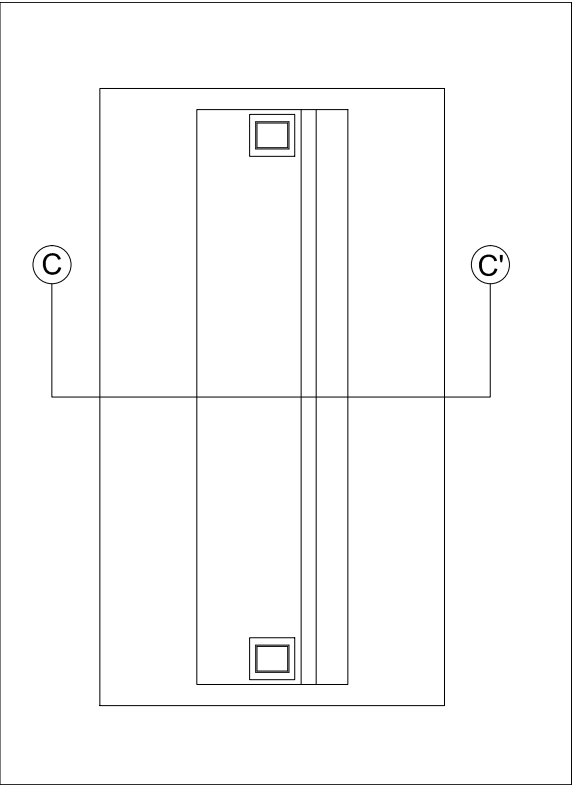
JUDUL TUGAS AKHIR :

**MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL
PORONG-GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA
STA 40+482 - STA 40+692 DENGAN SISTEM
JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANYA**

NO :	KODE GAMBAR :	JUMLAH GAMBAR :
17	PRG	20

Keterangan :

Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (fc')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C



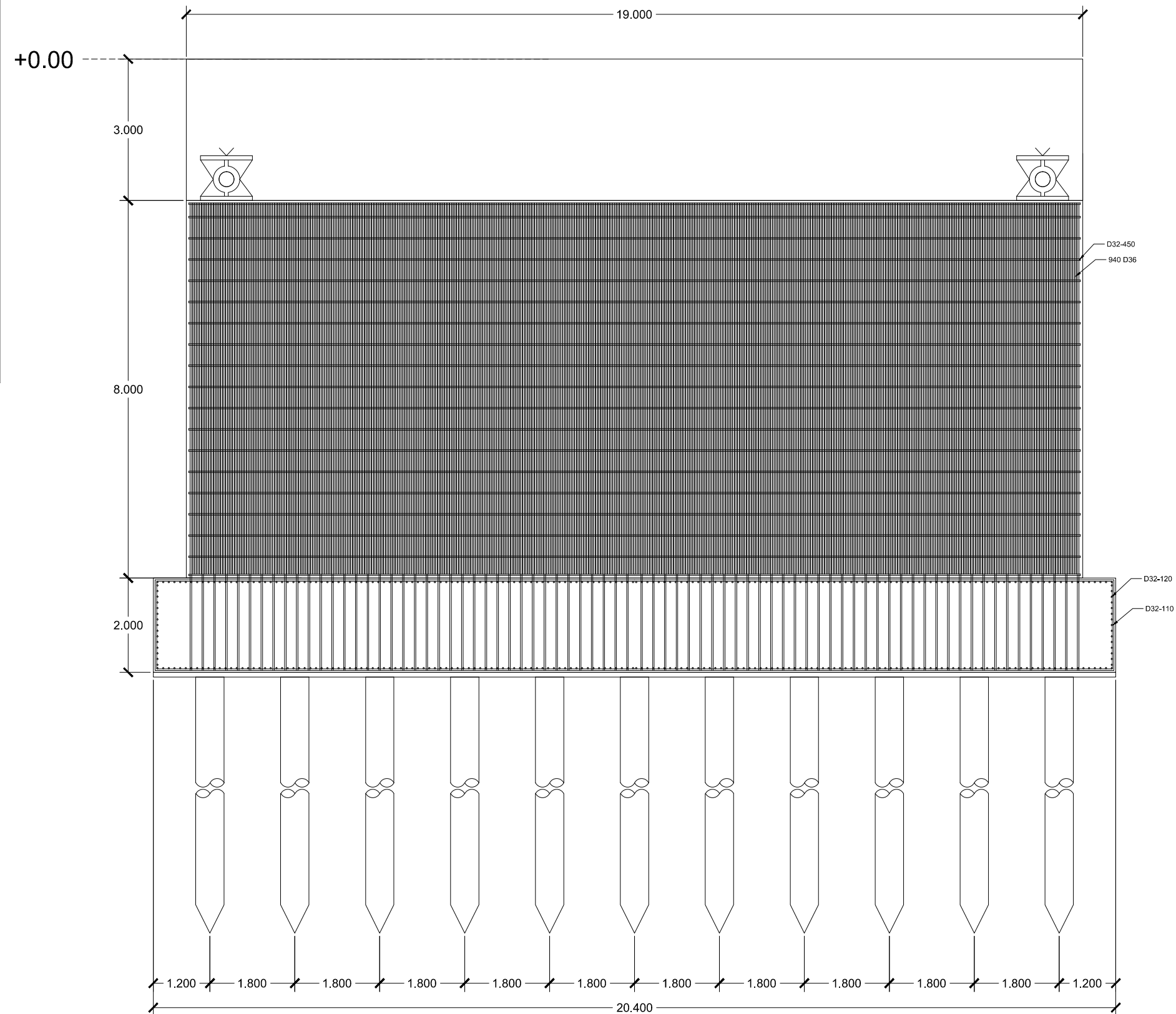
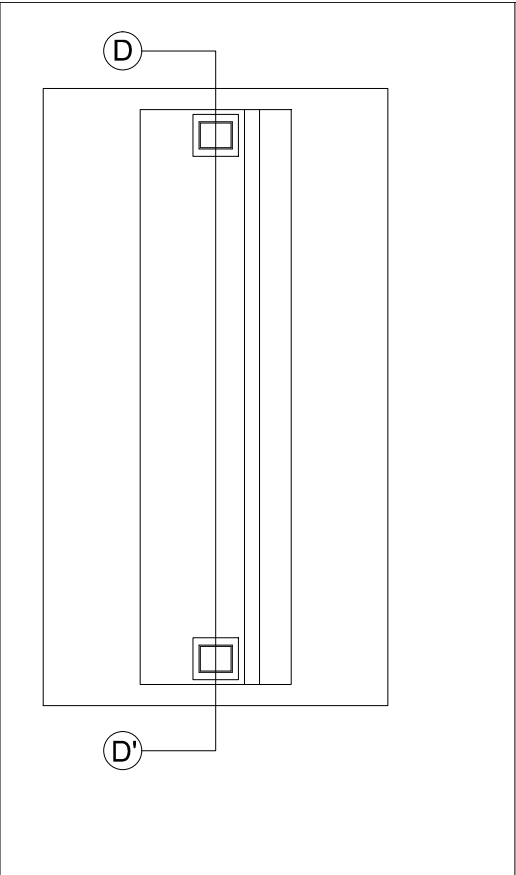
POTONGAN C-C' (PENULANGAN BANGUNAN BAWAH JEMBATAN)
SKALA 1 : 100




INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
2019

NAMA MAHASISIWA:		
Afuza Faza NRP : 10111410000036		
DOSEN PEMBIMBING:		
Ir. Sungkono. CES NIP : 19591130 198601 1 001 Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd NRP : 19620328 198803 1 001		
JUDUL TUGAS AKHIR :		
MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL PORONG-GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA STA 40+482 - STA 40+692 DENGAN SISTEM JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE PELAKSANAANYA		
NO :	KODE GAMBAR :	JUMLAH GAMBAR :
18	PRG	20

Keterangan :	
Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (fc')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C



POTONGAN D-D' (PENULANGAN
BANGUNAN BAWAH JEMBATAN)
SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
2019

NAMA MAHASISIWA:

Afuza Faza
NRP : 10111410000036

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Sungkono. CES
NIP : 19591130 198601 1 001

Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NRP : 19620328 198803 1 001

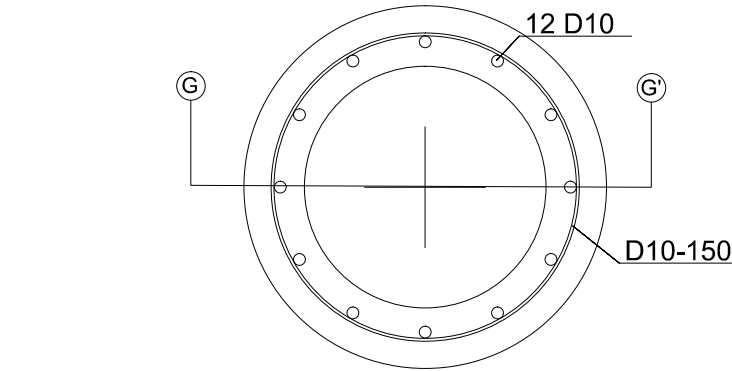
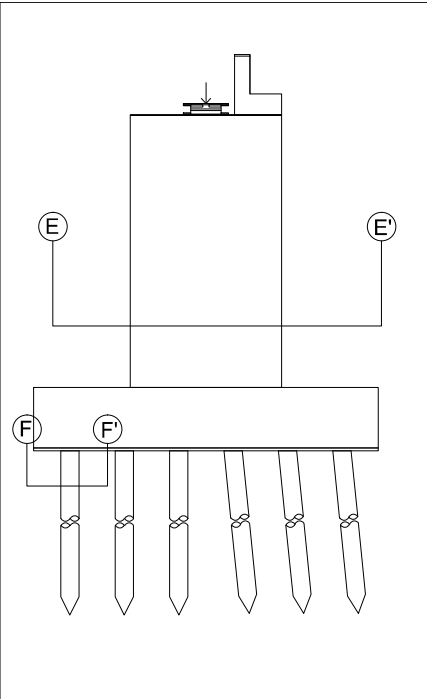
JUDUL TUGAS AKHIR :

MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL
PORONG-GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA
STA 40+482 - STA 40+692 DENGAN SISTEM
JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANYA

NO :	KODE GAMBAR :	JUMLAH GAMBAR :
19	PRG	20

Keterangan :

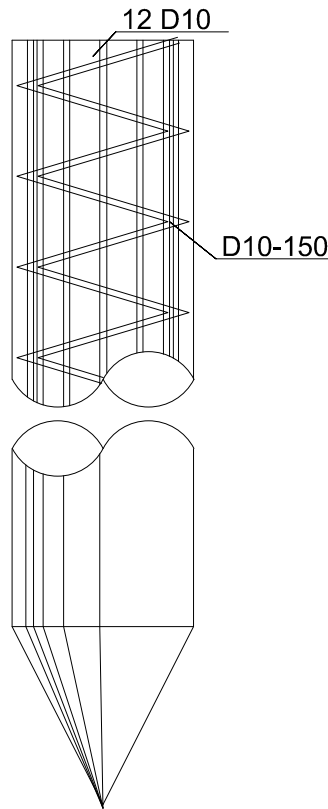
Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (fc')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C



POTONGAN F-F, (PENULANGAN
TIANG PANCANG)



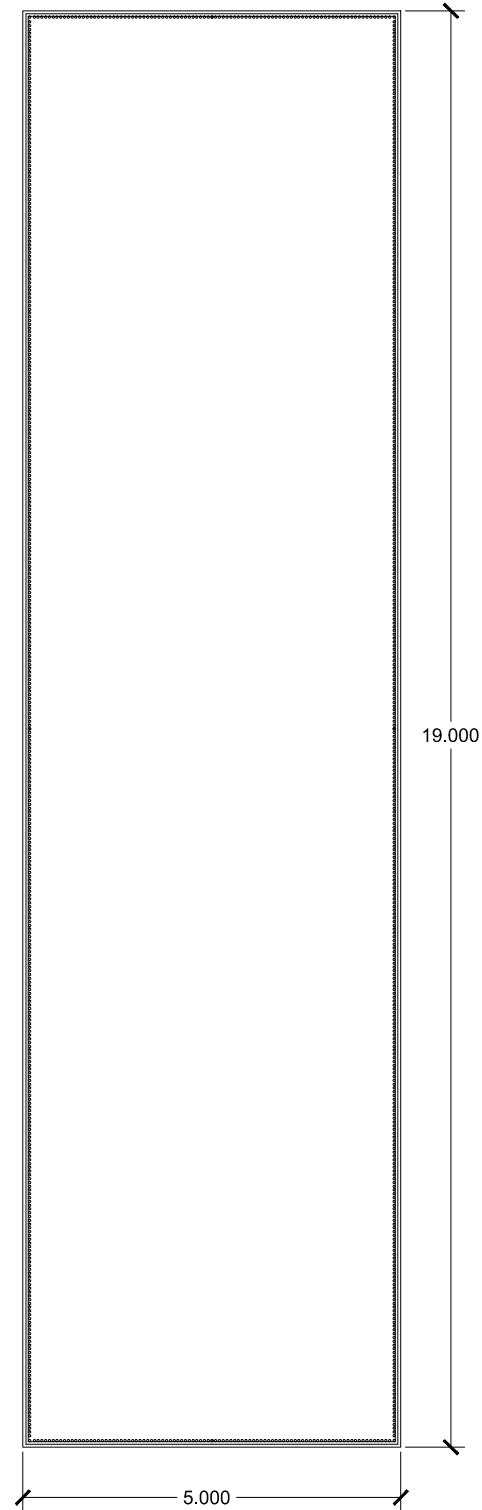
SKALA 1 : 12.5



POTONGAN G-G' (PENULANGAN
TIANG PANCANG)



SKALA 1 : 12.5



POTONGAN E-E' (PENULANGAN
PILAR BANGUNAN BAWAH)



SKALA 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH
NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
2019

NAMA MAHASISIWA:

Afuza Faza
NRP : 10111410000036

DOSEN PEMBIMBING:

Ir. Sungkono. CES
NIP : 19591130 198601 1 001
Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng Phd
NRP : 19620328 198803 1 001

JUDUL TUGAS AKHIR :

MODIFIKASI DESAIN JEMBATAN TOL
PORONG-GEMPOL KABUPATEN SIDOARJO PADA
STA 40+482 - STA 40+692 DENGAN SISTEM
JEMBATAN BUSUR BAJA DAN METODE
PELAKSANAANYA

NO :	KODE GAMBAR :	JUMLAH GAMBAR :
20	PRG	20

Keterangan :

Data Umum Jembatan	
Tipe Jembatan	: Busur Rangka Baja (Tipe Through Arch)
Panjang Jembatan (L)	: 210 m
Tinggi Fokus Busur (f)	: 40.50 m
Lebar Lantai Kendaraan (B)	: 17.3 m (2 arah dengan median 6 lajur)
Tebal Aspal (ta)	: 0.04 m
Tebal Deck Rencana (ts)	: 0.25 m
Data Bahan	
Mutu Beton (fc')	: 35 MPa
Mutu Tulangan Lentur (fy)	: 360 MPa
Mutu Tulangan Geser (fys)	: 360 MPa
Modulus Elastisitas Beton (Ec)	: 27805.57 MPa
Mutu Profil Baja	: BJ 55
Tegangan Leleh (fy)	: 410 MPa
Tegangan Putus (fu)	: 550 MPa
Modulus Elastisitas Baja (E)	: 200000 MPa
Modulus Geser (G)	: 80000 MPa
Angka Poisson (μ)	: 0.3
Koefisien Pemuaian (α)	: 0.000012 per C